

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
Τ. Ε. Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

Επιβλέπων: ΠΕΤΡΟΣ Γ. ΒΕΡΝΑΛΙΟΣ, Καθηγητής

**Συνεπιβλέπουσα: ΕΡΙΕΤΤΑ Ι. ΖΟΥΝΤΟΥΡΙΔΟΥ, Εργ.
Συνεργάτης**

**Τεχνοοικονομική μελέτη διασυνδεδεμένων
ηλεκτρικών, κυψελών καυσίμου και υβριδικών
οχημάτων, ως διασπαρμένων μονάδων παραγωγής,
στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας**

Πτυχιακή Εργασία:

Δημήτριος Ι. Αβραμίδης (Α.Μ.: 33930)

Ευάγγελος Ε. Γρύλλης (Α.Μ.: 34744)

Εμμανουήλ Ν. Τσάφος (Α.Μ.: 37845)

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2012

Copyright © Α. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Α. Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εκπονήθηκε στον τομέα Ι Σημάτων και Συστημάτων στη Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, στο τμήμα της Ηλεκτρολογίας στο Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά. Η υπόδειξη του θέματος έγινε από τον Καθηγητή Πέτρο Ι. Βερνάδο με επιβλέποντες τον ίδιο και την εργαστηριακή συνεργάτη Εριέττα Ι. Ζουντουρίδου.

Καταρχάς θέλουμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στον Καθηγητή μας Βερνάδο Πέτρο για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και την ανάθεση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας. Επιπλέον, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την εργαστηριακή συνεργάτη Ζουντουρίδου Εριέττα για την εποικοδομητική συνεργασία μας το τελευταίο χρόνο και τις πολύτιμες συμβουλές της.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ακόμα, όλους τους καθηγητές του Ανώτατου Τεχνολογικού Ιδρύματος Πειραιά για τις πολύτιμες γνώσεις που μας προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θέλουμε να εκφράσουμε ένα τεράστιο ευχαριστώ στις οικογένειές μας, για τη στήριξη και την εμπιστοσύνη που μας έδειξαν καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	i
Περιεχόμενα	ii
Λίστα σχημάτων	iii
Λίστα πινάκων	iv
Περίληψη.....	1
Summary	2
1^ο Κεφάλαιο “Εισαγωγή”.....	3
2^ο Κεφάλαιο “Σύνδεση οχημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο”	9
2.1 Ερωτήσεις για το σύστημα Vehicle – to – Grid power	9
2.1.1 Τι είναι το Vehicle – to Grid power	9
2.1.2 Λόγοι για τους οποίους θα πρέπει να εφαρμοστεί το σύστημα V2G	10
2.1.3 Γιατί θα πρέπει ένας οδηγός να παρέχει οποιαδήποτε στιγμή την ενέργεια της μπαταρίας του οχήματός του στο δίκτυο	11
2.1.4 Ένα ηλεκτρικό όχημα πρέπει να φορτίζεται από το δίκτυο. Πώς μπορεί αυτό το όχημα να τροφοδοτήσει το δίκτυο	12
2.1.5 Γιατί οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού δεν αγοράζουν σταθερές μπαταρίες, γεννήτριες κυψελών καυσίμου, κ.λπ. , και να εξαλείψουν τις δαπάνες της παρεχομένης ισχύος από τους ιδιοκτήτες των οχημάτων	13
2.2 Ηλεκτρικά οχήματα: τρεις τύποι αυτοκινήτων που σχετίζονται με αυτή την ανάλυση.	14
2.3 Ηλεκτρικές αγορές: φορτίο βάσης, μέγιστη ισχύ, στρεφόμενες εφεδρείες και υπηρεσίες ρύθμισης.....	15
2.3.1 <i>Ισχύς φορτίου βάσης</i>	15
2.3.2 <i>Ισχύς αιχμής</i>	16
2.3.3 <i>Βοηθητικές υπηρεσίες</i>	17
3^ο Κεφάλαιο “Διασύνδεση και Υποδομή”	21
3.1 Ηλεκτρική Σύνδεση	23
3.2 Σύνδεση οχημάτων με χρήση αερίων καυσίμων.....	26
3.3 Χειρισμός για κινητήριο έλεγχο εντός εμβέλειας	27
3.4 Σύνδεσμοι ελέγχου.....	28
3.5 Επιχειρηματικά μοντέλα	30
4^ο Κεφάλαιο “Μέγεθος των Πόρων”.....	33
4.1 Πωλήσεις οχημάτων ηλεκτρικής κίνησης και η προβλεπόμενη συνολική τους ηλεκτρική ισχύς.....	33
4.2 Διαθεσιμότητα του στόλου κατά τη διάρκεια της μέρας	36
4.3 Κορεσμός της αγοράς για V2G ισχύ.....	48
5^ο Κεφάλαιο “Ανάλυση οχημάτων ηλεκτρικής κίνησης”.....	52
5.1 Μεγέθη και μέθοδοι υπολογισμού	52
5.2 Ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας.....	57
5.3 Όχημα Κυψελών Καυσίμου.....	68
5.4 Παραγωγή από όχημα κυψελών καυσίμου που συνδέεται με ένα σταθερό αναμορφωτή.....	79
5.5 Υβριδικά Οχήματα	83
5.5.1 Υβριδικό όχημα με συστοιχία μπαταριών	91
5.5.2 Υβριδικό όχημα με κινητήρα-γεννήτρια (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος).....	94
5.5.2.1 <i>Υβριδικό όχημα με κινητήρα-γεννήτρια που τροφοδοτείται με βενζίνη</i>	94
5.5.2.2 <i>Υβριδικό όχημα με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που τροφοδοτείται με φυσικό αέριο</i>	98
5.6 Συμπεράσματα	100
Βιβλιογραφία.....	103

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1	22
Σχήμα 3.2	28
Σχήμα 4.1	35
Σχήμα 4.2	40
Σχήμα 4.3	41
Σχήμα 5.1	84
Σχήμα 5.2	85
Σχήμα 5.3	86

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1.....	24
Πίνακας 5.1.....	59
Πίνακας 5.2.....	62
Πίνακας 5.3.....	65
Πίνακας 5.4.....	68
Πίνακας 5.5.....	72
Πίνακας 5.6.....	75
Πίνακας 5.7.....	78
Πίνακας 5.8.....	80
Πίνακας 5.9.....	82
Πίνακας 5.10.....	88
Πίνακας 5.11.....	90
Πίνακας 5.12.....	92
Πίνακας 5.13.....	92
Πίνακας 5.14.....	94
Πίνακας 5.15.....	96
Πίνακας 5.16.....	98

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζεται η δυνατότητα της απόδοσης της πλεονάζουσας ισχύος των μπαταριών οχημάτων ηλεκτρικής κίνησης σε δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και η διάθεση της μέσω συστήματος διαχείρισης ενέργειας.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στη δυνατότητα αξιοποίησής τους.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει τρεις ενότητες. Στην πρώτη, μέσω ερωτήσεων – απαντήσεων, παρουσιάζεται τι είναι το σύστημα Vehicle-to-Grid power (V2G), για ποιους λόγους πρέπει να εφαρμοστεί, τι οφέλη παρέχει στον ιδιοκτήτη του ηλεκτρικού οχήματος και στην εταιρεία διαχείρισης του ηλεκτρικού δικτύου. Στην δεύτερη παράγραφο αναφέρονται οι τύποι των ηλεκτρικών οχημάτων που μελετάμε στην ερευνά μας. Στην τρίτη παράγραφο αναφέρονται τα είδη των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας στις οποίες ένα ηλεκτρικό όχημα μπορεί να παρέχει ενέργεια.

Στο τρίτο κεφάλαιο εξετάζονται οι προϋποθέσεις και ο αναγκαίος εξοπλισμός που απαιτούνται για τη σύνδεση του οχήματος στο δίκτυο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα μεγέθη των πόρων, στο πότε θα μπορούν να παράσχουν τα οχήματα ηλεκτρικής κίνησης τους πόρους αυτούς καθώς και στον αριθμό οχημάτων που απαιτείται για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες για V2G ισχύ.

Ολοκληρώνοντας, το πέμπτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τέσσερις ενότητες. Στην πρώτη αναπτύσσονται οι σχέσεις υπολογισμού της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας του οχήματος η οποία παρέχεται στο ηλεκτρικό δίκτυο και το κόστος, για τον ιδιοκτήτη του οχήματος, της παρεχόμενης ενέργειας στο δίκτυο. Στην δεύτερη ενότητα υπολογίζονται τα μεγέθη ηλεκτρικής ισχύος και το κόστος της παρεχόμενης ενέργειας στο δίκτυο για ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας, ενώ στη τρίτη και τέταρτη ενότητα υπολογίζονται τα ίδια μεγέθη για ηλεκτρικό όχημα κυψελών καυσίμου και για υβριδικό όχημα αντίστοιχα.

SUMMARY

In this thesis it is examined how we can attribute the redundant power of batteries from the electric drive vehicles to the grid and its disposal via the energy management system.

The first chapter is referred to the renewable sources of energy and in their possibility of exploitation.

The second chapter includes three sections. In the first section, via questions and answers, it is described the system Vehicle-to-Grid power (V2G), for what reasons should be applied, which profits provides to the owner of the electric drive vehicle and to the company of the energy management system. In the second section are mentioned the types of the electric drive vehicles that we study in our research. In the third section, we describe the types of electricity markets in which an electric drive vehicle can provide energy.

On the third chapter, we evaluate the conditions and the necessary equipment that is required for the connection of the electric drive vehicle to the grid.

On the fourth chapter a reference is made to the sizes of the resources, to when the electric drive vehicles might provide these resources as well as to the number of vehicles that is required in order to be satisfied the needs for V2G power.

Concluding, the fifth chapter includes four sections. The first section analyses the equations of calculating the stored electric power of the vehicle which is provided to the grid as well as and the cost, for the owner of the vehicle, of the provided power to the grid. In the second section, are calculated the sizes of the electric power and the cost of the provided power to the grid for an electric battery vehicle, while in the third and the fourth section are calculated the same sizes for a fuel cell electric vehicle and for a hybrid vehicle respectively.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΙΣΑΓΩΓΗ”

Λόγω της μείωσης των ορυκτών καυσίμων, αλλά και της αύξησης του πληθυσμού της Γης είναι πλέον τεράστια ανάγκη η εύρεση νέων πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες τα αποθέματα πετρελαίου (που είναι το πλέον διαδεδομένο σε ζήτηση καύσιμο) και του φυσικού αερίου (όλη σχεδόν η Κεντρική Ευρώπη είναι εξαρτημένη από αυτό) θα έχουν τελειώσει στα μισά του αιώνα που διανύουμε. Επομένως γίνεται αντιληπτό ότι πρέπει να καλύψουμε τις ενεργειακές ανάγκες μας με νέες μορφές ενέργειας.

Η λέξη που ακούγεται παγκοσμίως είναι η πράσινη ενέργεια, η οποία αναφέρεται σε οποιαδήποτε μορφή εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχεται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες μορφές ενέργειας» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές

Ενέργειας) θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη. Εκτός του προβλήματος της έλλειψης των καυσίμων που γνωρίζαμε μέχρι σήμερα τεράστιο πρόβλημα δημιουργείται και στο περιβάλλον με σοβαρές συνέπειες και στην υγεία των ανθρώπων (με την αύξηση του αριθμού των παθήσεων) και στην οικονομία (με επιβάρυνση των κρατικού προϋπολογισμού για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος).

Κατά συνέπεια οι χώρες, διεθνείς οργανισμοί και περιβαλλοντικές οργανώσεις, αποφάσισαν ότι πρέπει να αξιοποιήσουν τις ήπιες μορφές ενέργειας και να προωθήσουν τις διαδικασίες που θα περιορίσουν την περιβαλλοντική μόλυνση. Η πιο συνηθής μορφή πράσινης ενέργειας είναι η ηλιακή ενέργεια. Αυτή χαρακτηρίζεται από το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια, καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, διαιρείται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η χώρα που πρωτοπορεί στην ανάπτυξη και στη λειτουργία μεγάλου αριθμού φωτοβολταϊκών πάρκων είναι η Γερμανία, η οποία ενθαρρύνει τις επενδύσεις στην ενεργειακή αυτή πηγή δίνοντας κίνητρα όπως σταθερή τιμή αγοράς της κιλοβατώρας από την τοπική επιχείρηση

ηλεκτρισμού και φοροαπαλλαγές σε ιδιώτες επιχειρηματίες και σε οικιακούς επενδυτές.

Η πιο γνωστή μορφή έμμεσης ηλιακής ενέργειας είναι η αιολική ενέργεια η οποία παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Ένα σύστημα αιολικής ενέργειας όπως η ανεμογεννήτρια μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και μπορεί να τροφοδοτήσει με ρεύμα κατοικημένες περιοχές όπως πόλεις, ή χωριά. Τα συστήματα αιολικής ενέργειας γενικά μπορούν να διαχωριστούν σε δύο τύπους ανάλογα με τον τρόπο περιστροφής του άξονα της τουρμπίνας. Στον πρώτο τύπο ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους, ενώ στον δεύτερο τύπο ο άξονας περιστροφής είναι οριζόντιος. Τα πιο δεδομένα συστήματα είναι εκείνα στα οποία ο άξονας περιστρέφεται οριζόντια και καταλαμβάνουν ποσοστό 95% των διαθέσιμων συστημάτων αιολικής ενέργειας.

Την πιο οικονομική εφαρμογή αιολικής ενέργειας αποτελούν τα αιολικά πάρκα διότι το κόστος κατασκευής και συντήρησης μειώνεται λόγω της παραγωγής μεγαλύτερων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας. Στη χώρα μας σημαντικό ρολό στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας έχει διαδραματίσει η ΔΕΗ μέσω της τεχνογνωσίας και της χρηματοδότησης αιολικών πάρκων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδος, οι οποίες έχουν πολύ καλό αιολικό δυναμικό. Επιπλέον στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας βοήθησε η δυνατότητα ιδιωτικών επενδύσεων σε έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με επιδοτήσεις από ευρωπαϊκά προγράμματα.

Μια χώρα η οποία έχει επενδύσει σε πολύ μεγάλο βαθμό στα αιολικά πάρκα, είτε χερσαία είτε θαλάσσια, είναι η Δανία. Τα αιολικά πάρκα στην θάλασσα αποτελούν την μοναδική διέξοδο σε χώρες με

υψηλό πληθυσμιακό καθεστώς και έλλειψη χώρου. Το μεγαλύτερο κόστος κατασκευής ανεμογεννητριών στη θάλασσα αντισταθμίζεται από την μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας. Αναμφισβήτητα η αιολική ενέργεια τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς. Είναι σημαντικό ότι σε χώρες όπως η Ολλανδία, η Δανία και η Μεγάλη Βρετανία, οι καταναλωτές μπορούν να επιλέξουν παροχή ηλεκτρικού ρεύματος από αιολικά πάρκα για να έχουν μειωμένο τιμολόγιο ηλεκτρικού ρεύματος ή μείωση φόρου. Σε πολλές περιπτώσεις ολόκληρες πόλεις ηλεκτροδοτούνται αποκλειστικά από αιολικά πάρκα.

Η αιολική ενέργεια μπορεί να συμβάλλει αισθητά στην αποφυγή χρήσης μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όμως το σημαντικό είναι ότι η ενέργεια αυτή μπορεί να παραχθεί σε οποιαδήποτε τοποθεσία, όπως απομακρυσμένα χωριά και νησιά που δεν είναι εύκολη η σύνδεσή τους με το εθνικό δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Άλλη μορφή ήπιας ενέργειας είναι η γεωθερμία, ή γεωθερμική ενέργεια, η οποία προσδιορίζεται ως η φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό μέρος του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η Ισλανδία είναι ένα κράτος το οποίο καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες αποκλειστικά από την γεωθερμία λόγω του ότι το υπέδαφός του έχει ανεξάντλητα γεωθερμικά αποθέματα. Στην Ελλάδα ως τώρα οι περιοχές που θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν την γεωθερμική ενέργεια είναι τα νησιά Μήλος και Νίσυρος, τα οποία θα είχαν τη δυνατότητα να τροφοδοτήσουν με ηλεκτρική ενέργεια μέσω υποβρύχιων καλωδίων τα γειτονικά νησιά. Αν και δεν έχει σημειωθεί επί του παρόντος τέτοιο επίτευγμα, υπάρχει η προοπτική της μελλοντικής του ολοκλήρωσης.

Επίσης μια άλλη σημαντική πηγή ενέργειας αποτελεί η βιομάζα, η οποία προέρχεται από οποιοδήποτε υλικό που παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών και κτηνοτροφικών μονάδων, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, κλπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως «καύσιμο» για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια αυτή είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες και προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια, δεσμευμένη από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Μια άλλη αξιοποιήσιμη ενέργεια ήπιας μορφής είναι η παλιρροιακή ενέργεια. Οι παλίρροιες προκαλούνται από τη βαρυτική έλξη του Ήλιου και της σελήνης, καθώς και από την περιστροφή της γης. Καθώς κινούνται αυτά τα ουράνια σώματα, προκαλούν παλιρροιακούς κύκλους σε ολόκληρο το κόσμο. Αυτό προκαλεί την άνοδο και την κάθοδο της επιφάνειας της θάλασσας σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, ανάλογα με το πλήθος των αλληλεπιδρώντων κύκλων. Επειδή οι παλίρροιες συμβαίνουν σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, η κίνηση των νερών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, το νερό αποθηκεύεται κατά την άνοδο, ενώ αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα στην κάθοδο, παράγοντας ηλεκτρισμό. Επίσης, ο άνθρωπος θα μπορούσε να αξιοποιήσει την ωκεάνια ηλεκτρική ενέργεια, η οποία εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.

Παραπάνω αναφέρθηκαν οι πιο συνήθεις μορφές των ΑΠΕ που μελετούνται και εφαρμόζονται σήμερα. Παράλληλα όμως, ο άνθρωπος ερευνά και νέους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας και μείωσης της μόλυνσης του περιβάλλοντος. Δεδομένου ότι η τεχνολογία εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια, γίνεται έρευνα για το πώς θα μπορέσουν τα οχήματα να γίνουν πιο οικολογικά. Ήδη τα πρώτα αυτοκίνητα που δε χρησιμοποιούν αποκλειστικά τα συμβατικά καύσιμα (ηλεκτρικά, υβριδικά και οχήματα κυψελών καυσίμου) έκαναν την εμφάνιση τους στην αγορά, όπως και το σύστημα V2G.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΝΔΕΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ”

2.1 Ερωτήσεις για το σύστημα Vehicle – to – Grid power.

2.1.1 Τι είναι το Vehicle – to Grid power ;

Είναι ένα σύστημα βασισμένο στην ιδέα ότι τα οχήματα θα δίνουν ενέργεια στο δίκτυο. Η λογική στηρίζεται στο γεγονός ότι οι πιο καταγεγραμμένες αυξημένες ανάγκες του δικτύου σε ηλεκτρική ενέργεια είναι τις μεσημεριανές ώρες. Κατά τη χρονική αυτή διάρκεια το δίκτυο πρέπει να δώσει τη μέγιστη ισχύ του με αποτέλεσμα την υπερφόρτωση και καταπόνησή του, ενώ κατά τις βραδινές ώρες η ζήτηση είναι πολύ μικρότερη. Οχήματα που λειτουργούν με μπαταρίες ή διάφορα άλλα είδη αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να φορτίζονται από το δίκτυο τις βραδινές ώρες, όταν η ζήτηση ενέργειας είναι χαμηλή και να την αποδίδουν στο δίκτυο τις ώρες αιχμής, με ουσιαστικό αποτέλεσμα την αποσυμφόρηση του δικτύου. Αυτό θα έχει πολύ θετικά αποτελέσματα για το περιβάλλον αλλά και για την ίδια την εταιρία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διότι θα υπάρχει μειωμένη παραγωγή ενέργειας, συνεπώς λιγότερη μόλυνση του περιβάλλοντος, χαμηλότερες απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και μικρότερη καταπόνηση του ηλεκτρικού δικτύου. Αυτό ακριβώς είναι το σύστημα V2G. Οι παράμετροι προς εξέταση για ένα τέτοιο σύστημα είναι οι απαραίτητες δαπάνες για την εφαρμογή του, η ποσότητα ενέργειας που εξοικονομείται, καθώς και οι θετικές επιπτώσεις που έχει αυτό στο περιβάλλον.

2.1.2 Λόγοι για τους οποίους θα πρέπει να εφαρμοστεί το σύστημα V2G

Κάθε μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, παρέχει μέρος της ενέργειας που διαθέτει στο δίκτυο. Όμως ένα σημαντικό μειονέκτημα τους είναι ότι δεν έχουν σταθερή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ότι δεν μπορούν να καλύψουν μεγάλα ποσά ισχύος. Ένα σημαντικό ζήτημα αποτελεί και το γεγονός ότι δεν μπορούν να αποθηκεύσουν όλη την ενέργεια που παράγουν, λόγω της χωρητικότητας των συσσωρευτών τους. Για το λόγο αυτό, σε κάθε χώρα, η παραγωγή ενέργειας από την χρήση των ΑΠΕ εξυπηρετεί ένα μικρό ποσοστό της ζήτησης ενέργειας εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων. Έτσι, το πρόβλημα της μεγάλης ζήτησης στις ώρες αιχμής δεν μπορεί να λυθεί μόνο μέσω αυτών. Μια από τις προτεινόμενες λύσεις είναι το σύστημα V2G.

Στην Καλιφόρνια της Αμερικής έγινε μια μεγάλη έρευνα σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, αλλά και με τον τρόπο που θα μπορούσε να λειτουργήσει αυτό το σύστημα. Στην παρακάτω μελέτη θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα από αυτή την έρευνα, διότι η εργασία αυτή έχει γίνει σε ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας παρόμοιο με το δίκτυο που υπάρχει στην Ελληνική επικράτεια. Αξιοποιώντας τη δυνατότητα συγκεκριμένων οχημάτων να δίνουν ισχύ στο δίκτυο, αυτό θα είχε δυο άμεσα οφέλη για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Πρώτον, δίνοντας στον ιδιοκτήτη ενός οχήματος νέας τεχνολογίας κίνητρα, όπως να πληρώνεται με σταθερή τιμή από την επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας για την ισχύ την οποία της παρέχει είτε το κράτος να δίνει φοροαπαλλαγές στον ιδιοκτήτη, θα αυξήσει την αγορά οχημάτων χαμηλής μόλυνσης από τους καταναλωτές, με αποτέλεσμα να υπάρξει

ένα όφελος για τη μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος. Το δεύτερο όφελος για την ελαχιστοποίηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει σχέση με το βασικό μειονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό είναι η δυνατότητα αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν και αποτελεί το πλέον σημαντικό εμπόδιο στην εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο, όπως είναι η αιολική και η ηλιακή ενέργεια.

Η ύπαρξη ενός μεγάλου στόλου οχημάτων, στα οποία μπορεί να αποθηκευτεί ενέργεια και η δυνατότητά τους να την παρέχουν στο ηλεκτρικό δίκτυο, θα βοηθούσε στον περιορισμό αυτού του εμποδίου για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ παράλληλα θα μειώνονταν τα κόστη παραγωγής των συστημάτων αυτών.

2.1.3 Γιατί θα πρέπει ένας οδηγός να παρέχει οποιαδήποτε στιγμή την ενέργεια της μπαταρίας του οχήματός του στο δίκτυο;

Κάθε όχημα που χρησιμοποιείται στο V2G θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα σύστημα που θα ελέγχει και θα ρυθμίζει το ποσό της ενέργειας που δύναται να δοθεί στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και το ποσό της ενέργειας που πρέπει να διαθέτει το όχημα για να εξασφαλίσει ικανοποιητική φόρτιση της μπαταρίας του, ώστε να καλύψει τις ανάγκες του οδηγού για τις μετακινήσεις του. Εκτιμάται ότι θα μπορούσαν να υπάρξουν ουσιαστικά κίνητρα στον ιδιοκτήτη του οχήματος για να παρέχει την ισχύ της μπαταρίας του στο δίκτυο. Όμως, η ένταξη στο σύστημα του V2G είναι προαιρετική, και θα συμμετέχουν όσοι ιδιοκτήτες οχημάτων και όσοι φορείς εκμετάλλευσης αυτοκινήτων το επιθυμούν.

2.1.4 Ένα ηλεκτρικό όχημα πρέπει να φορτίζεται από το δίκτυο. Πώς μπορεί αυτό το όχημα να τροφοδοτήσει το δίκτυο;

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα ασυνήθιστο προϊόν, το οποίο όταν παράγεται από εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει ταυτόχρονα να καταναλώνεται από τα φορτία. Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι πολύ σημαντικά για το ηλεκτρικό δίκτυο. Όπως και για την αποθήκευση ενέργειας, τα οχήματα αυτά θα παρέχουν την ισχύ τους μόνο όταν η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι αυξημένη, με αποτέλεσμα οι τιμή της παρεχομένης ενέργειας να είναι υψηλή. Για παράδειγμα, ένα ηλεκτρικό όχημα μπορεί να φορτίζεται όταν η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλή, και ο ιδιοκτήτης του οχήματος να παρέχει ενέργεια στο δίκτυο μόνο όταν η τιμή της δοσμένης ενέργειας είναι πολύ υψηλή. Η βασική ιδέα του συστήματος V2G είναι ότι ο ιδιοκτήτης του αυτοκινήτου «αγοράζει σε χαμηλή τιμή και πουλάει σε υψηλή». Επιπλέον, όπως επισημαίνεται παρακάτω, υπάρχουν και άλλες αγορές ενέργειας στις οποίες μπορεί ένα όχημα να διαθέσει την ισχύ του στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτοί οι διακανονισμοί μπορούν να πραγματοποιηθούν μόνο εάν ο διαχειριστής του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας έχει τον πλήρη έλεγχο του χρόνου που πρέπει να παρέχεται η ηλεκτρική ισχύς από το όχημα στο δίκτυο.

2.1.5 Γιατί οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού δεν αγοράζουν σταθερές μπαταρίες, γεννήτριες κυψελών καυσίμου, κ.λπ. , και να εξαλείψουν τις δαπάνες της παρεχομένης ισχύος από τους ιδιοκτήτες των οχημάτων;

Κάποιες επιχειρήσεις διανομή ηλεκτρικής ενέργειας αγοράζουν μικρές γεννήτριες για την κάλυψη μιας περιορισμένης ποσότητας ενέργειας. Εντούτοις, το καταναλωτικό κοινό αγοράζει οχήματα για την προσωπική του εξυπηρέτηση, κι έτσι αυτά αντιπροσωπεύουν ένα συγκεκριμένο κεφάλαιο, το οποίο υπάρχει άσχετα με την παροχή ενέργειας στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού. Από έρευνες που έχουν γίνει, έχει αποδειχτεί ότι ακόμα και στις ώρες αιχμής, το 90% των οχημάτων βρίσκονται σε ακινησία. Η ύπαρξη μεγάλου αριθμού οχημάτων που κινούνται με μπαταρίες αποτελεί για τις εταιρίες διαχείρισης του ηλεκτρικού δικτύου έναν εναλλακτικό αποθηκευτικό χώρο ηλεκτρικής ενέργειας. Οπότε δεν υπάρχει λόγος οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις να αγοράσουν περισσότερες γεννήτριες, εφόσον υπάρχει σε αδράνεια ένας μεγάλος αριθμός οχημάτων. Είναι οικονομικό και πιο αποδοτικό για την επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας να αγοράζει ισχύ από τους ιδιοκτήτες των ηλεκτρικών οχημάτων, η οποία θα διατίθεται στο δίκτυο.

2.2 Ηλεκτρικά οχήματα: τρεις τύποι αυτοκινήτων που σχετίζονται με αυτή την ανάλυση.

Οι τρεις τύποι οχημάτων που είναι σχετικοί με την λειτουργία του συστήματος V2G είναι: τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα και τα οχήματα κυψελών καυσίμου. Αυτοί οι τρεις τύποι μαζί καλούνται «ηλεκτρικά οχήματα κίνησης». Ο όρος αυτός ισχύει για οποιοδήποτε όχημα που χρησιμοποιεί μια ηλεκτρική μηχανή για να παρέχει τη μηχανική ενέργεια του κινητήρα στους άξονες του οχήματος. Σε αυτά τα οχήματα, η ενέργεια μπορεί να προέρχεται από τις μπαταρίες, τη βενζίνη, το φυσικό αέριο ή το υδρογόνο. Η χρήση ηλεκτρικού οχήματος είναι σημαντική, επειδή πρακτικά οποιοδήποτε όχημα με έναν ηλεκτρικό κινητήρα θα έχει ήδη τα ηλεκτρονικά ισχύος εγκατεστημένα, ώστε να μπορούν να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο. Σε αντίθεση, το παραδοσιακό όχημα με μηχανή εσωτερικής καύσης είναι ανεξάρτητο από το ηλεκτρικό δίκτυο, γιατί ούτε φορτίζεται, αφού δεν έχει ηλεκτρική μηχανή, ούτε παρέχει ισχύ σε αυτό. Επίσης, τα οχήματα που τροφοδοτούνται με υγροποιημένα καύσιμα είναι ανεξάρτητα από το ηλεκτρικό δίκτυο, εκτός και αν ανήκουν στην κατηγορία των υβριδικών ώστε να χρησιμοποιούν μια μπαταρία σε συνδυασμό με έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης για την κίνηση του οχήματος. Τα ηλεκτρικά οχήματα που κυκλοφορούν αυτή τη στιγμή μπορούν να τροφοδοτηθούν από το δίκτυο, αλλά δεν μπορούν να παρέχουν ισχύ στο δίκτυο. Όμως, όλα τα ηλεκτρικά οχήματα κίνησης έχουν τη δυνατότητα να στείλουν ισχύ στο δίκτυο με κατάλληλες τροποποιήσεις.

2.3 Ηλεκτρικές αγορές: φορτίο βάσης, μέγιστη ισχύ, στρεφόμενες εφεδρείες και υπηρεσίες ρύθμισης.

Υπάρχουν τρεις αγορές στις οποίες το σύστημα του V2G θα μπορούσε να πωληθεί: στο φορτίο βάσης, στους χρόνους αιχμής και σε βοηθητικές υπηρεσίες. Οι βοηθητικές υπηρεσίες περιλαμβάνουν διάφορους τύπους αγορών ενέργειας, δύο εκ των οποίων είναι οι στρεφόμενες εφεδρείες και η ρύθμιση, οι οποίες είναι αρκετά υποσχόμενες αγορές για το σύστημα του V2G στο άμεσο μέλλον. Υποθέτουμε ότι τα οχήματα θα μπορούσαν να συγκεντρωθούν και να ενταχθούν στο σύστημα V2G είτε από έναν ιδιοκτήτη χώρων στάθμευσης, είτε από μια επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας, ή από έναν ανεξάρτητο ιδιώτη.

2.3.1 Ισχύς φορτίου βάσης

Η ισχύς του φορτίου βάσης παρέχεται όλο το εικοσιτετράωρο. Αυτή η ισχύς προέρχεται συνήθως από μεγάλα εργοστάσια, ατμοηλεκτρικούς σταθμούς που χρησιμοποιούν ως καύσιμο άνθρακα, φυσικό αέριο, ή πυρηνικά σχάσιμο υλικό και η ενέργεια που παράγουν έχει χαμηλό κόστος ανά KWh. Όμως έχουν ως μειονέκτημα ότι αυτού του τύπου τα εργοστάσια δεν μπορούν να σταματήσουν να λειτουργούν για κάποια χρονική περίοδο και σε άμεσο χρονικό διάστημα να λειτουργήσουν πάλι. Αυτό δεν μπορεί να συμβεί, γιατί χρειάζονται κάποια χρονική διάρκεια να τεθούν πάλι σε λειτουργία. Οπότε αυτά τα

εργοστάσια παράγουν συνεχώς ενέργεια και διακόπτεται η λειτουργία τους μόνο για να γίνει συντήρηση στον εξοπλισμό τους.

Από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχει αποδειχθεί ότι τα οχήματα που παρέχουν ισχύ στο ηλεκτρικό δίκτυο δεν μπορούν να προσφέρουν την ισχύ τους σε ανταγωνιστικές τιμές για περιόδους που η ηλεκτρική εταιρεία παρέχει ισχύς φορτίων βάσης. Τη στιγμή όπου η ζήτηση από τον καταναλωτή κυμαίνεται σε φορτία βάσης δεν θα συμφέρει ούτε για την εταιρία, ούτε για τον ιδιοκτήτη του οχήματος, η πώληση της ισχύος του ηλεκτρικού οχήματος κίνησης στο δίκτυο. Για τον ιδιοκτήτη, θα ήταν οικονομικά προτιμότερο να πουλήσει την ενέργεια του αυτοκινήτου του σε χρονική στιγμή αιχμής της ζήτησης όπου οι τιμές αγοράς από την εταιρία ηλεκτρικού ρεύματος είναι καλύτερες. Επιπλέον, όταν η εταιρεία διαχειρίζεται την ισχύ φορτίου βάσης, δεν εκμεταλλεύεται το πλεονέκτημα της σπουδαίας αξίας του συστήματος Vehicle –to–grid power για την αγορά ρεύματος, όπως ο χρόνος γρήγορης απόκρισης που έχει αυτή η διαδικασία.

2.3.2 Ισχύς αιχμής

Η ισχύς αιχμής παράγεται ή αγοράζεται την περίοδο της ημέρας κατά την οποία τα επίπεδα της κατανάλωσης ισχύος είναι υψηλά και η επιχείρηση αναμένει αυτή τη ζήτηση σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, όπως τις μεσημεριανές ώρες του καλοκαιριού, όπου γίνεται χρήση ενεργοβόρου εξοπλισμού για την ψύξη ενός χώρου. Αυτή η ισχύς παράγεται συνήθως από εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας οι οποίες μπορούν να έχουν γρήγορη απόκριση λειτουργίας, όπως είναι οι αεριοστροβιλικοί σταθμοί. Αυτοί οι σταθμοί έχουν ως πλεονέκτημα το ότι χρειάζονται ελάχιστο χρόνο από την εκκίνησή τους μέχρι την

ανάληψη του πλήρους φορτίου (περίπου 4 λεπτά από το μηδενικό μέχρι το πλήρες φορτίο). Δεδομένου ότι η ισχύς αιχμής απαιτείται συνήθως μερικές εκατοντάδες ώρες το χρόνο, είναι οικονομικά συμφέρον να χρησιμοποιούνται γεννήτριες με χαμηλό κόστος κεφαλαίου, ακόμα κι αν η παραγόμενη KWh είναι πιο ακριβή. Επιπλέον, αυτές οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής την παρέχουν πολύ ακριβότερη, διότι παράγουν λιγότερες KWh, οπότε για να αποσβέσουν την επένδυση της εγκατάστασης, η τιμή ανά KWh είναι πιο αυξημένη σε σύγκριση με την τιμή αυτής που παράγουν άλλοι ηλεκτρικοί σταθμοί βάσης.

Οι παράγοντες που διακρίνουν το φορτίο αιχμής από το φορτίο βάσης είναι η ποσότητα του φορτίου που απαιτείται να παρέχει το ηλεκτρικό δίκτυο στους καταναλωτές και ο χρόνος της ημέρας που ζητείται αυτή η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, αποδεικνύεται ότι το σύστημα V2G θα μπορούσε να αξιοποιηθεί από τις εταιρίες με αρκετά σπουδαία οφέλη και για αυτές και για το περιβάλλον κατά τη διάρκεια που απαιτείται αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο.

2.3.3 Βοηθητικές υπηρεσίες

Ο πρωταρχικός σκοπός για τη λειτουργία των βοηθητικών υπηρεσιών είναι η διατήρηση της αξιοπιστίας και της σταθερότητας του ηλεκτρικού δικτύου. Οι βοηθητικές υπηρεσίες δεν υπολογίζονται κατευθείαν σε KWh, δηλαδή δε μετρώνται ως ενέργεια, αλλά συμβάλλουν ως εφεδρική ισχύς έτοιμη για σύνδεση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η ισχύς παρέχεται στο δίκτυο με σκοπό να γίνουν προσαρμογές στην τάση ή στην συχνότητα, αποβλέποντας στην εξισορρόπηση του ηλεκτρικού δικτύου και την αποφυγή ανεπιθύμητων καταστάσεων.

Οι βοηθητικές υπηρεσίες μπορούν να προσφέρουν και άλλες λειτουργίες στο δίκτυο. Απρόβλεπτες καταστάσεις, όπως οι καιρικές συνθήκες, οι διακοπές λειτουργίας της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ή φυσιολογικές διακυμάνσεις, δημιουργούν διαφορά μεταξύ της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και της ζήτησης ενέργειας από τους καταναλωτές. Ως αποτέλεσμα, η επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιεί τις βοηθητικές μονάδες, προκειμένου να εξισορροπήσει την προσφορά και τη ζήτηση ενέργειας, ώστε να εξασφαλιστεί η ρύθμιση της ισχύος. Το κόστος λειτουργίας των βοηθητικών μονάδων προστίθεται στο κόστος του ενεργειακού εφοδιασμού και το συνολικό κόστος διαμορφώνει την τελική τιμή μονάδος της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Παρακάτω παρουσιάζονται μόνο οι δύο βοηθητικές υπηρεσίες που είναι άμεσα συσχετιζόμενες με την παροχή ισχύος στο δίκτυο από τα οχήματα ηλεκτρικής κίνησης: στρεφόμενες εφεδρείες και ρύθμιση.

2.3.3.1 Στρεφόμενες Εφεδρείες.

Οι στρεφόμενες εφεδρείες παρέχουν την επιπλέον απαιτούμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας τη στιγμή που είναι συγχρονισμένες με το ηλεκτρικό δίκτυο μεταφοράς ενέργειας. Μια εταιρεία που λειτουργεί μία μονάδα παραγωγής ενέργειας με μικρότερη ισχύ από την ονομαστική της, θα μπορούσε να πουλήσει την ισχύ που προέρχεται από τις στρεφόμενες εφεδρείες για να καλύψει τη δική της μειωμένη ισχύ. Οι στρεφόμενες εφεδρείες πρέπει να ανταποκρίνονται άμεσα, έτσι ώστε να συνδέονται με το δίκτυο σε ελάχιστο χρόνο (μέσα σε δέκα λεπτά) από τη στιγμή που θα ζητηθεί η επιπλέον ενέργεια και να την παρέχουν. Η κύρια διαφορά μεταξύ των στρεφόμενων και αντιστρεφόμενων εφεδρειών είναι ότι η πρώτη (στρεφόμενη εφεδρική γεννήτρια) είναι συνεχώς

συγχρονισμένη με το δίκτυο, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στη σταθερότητα της συχνότητάς του, στις περιπτώσεις που υπάρχει βλάβη μιας άλλης γεννήτριας ή ενός άλλου σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Αυτές οι βοηθητικές υπηρεσίες που παρέχουν οι στρεφόμενες εφεδρείες, πληρώνονται για όσο χρόνο διατίθενται. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η συμφωνημένη τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για οχήματα που τροφοδοτούν με ισχύ το δίκτυο, δεδομένου ότι αυτά πληρώνονται ως στρεφόμενες εφεδρείες για πολλές ώρες, απλώς διότι είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο, ενώ επιβαρύνονται με σχετικά μικρές περιόδους φόρτωσης από το δίκτυο και μάλιστα με χαμηλή τιμή αγοράς ενέργειας (νυχτερινό τιμολόγιο). Άρα αυτό ευνοεί τα οχήματα που χρησιμοποιούν μόνο μπαταρίες για να κινηθούν, καθώς επίσης και τα υβριδικά και τα οχήματα κυψελών καυσίμου, τα οποία μπορούν εύκολα να αρχίσουν να τροφοδοτούν το δίκτυο εντός μικρού χρονικού διαστήματος (μέσα σε 10 λεπτά) από την απαίτηση για παροχή ενέργειας της εταιρείας διαχείρισης του ηλεκτρικού δικτύου.

2.3.3.2 Υπηρεσίες ρύθμισης.

Οι υπηρεσίες ρύθμισης αντιπροσωπεύουν συμφωνίες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που βρίσκονται υπό τον άμεσο έλεγχο της διαχειρίστριας εταιρείας του ηλεκτρικού δικτύου, για την αύξηση ή τη μείωση της παραγωγής ενέργειας. Η μονάδα πρέπει να είναι ικανή να λαμβάνει σήματα από το κέντρο ελέγχου του συστήματος διαχείρισης της ενέργειας, και να ανταποκρίνεται σε αυτά με την αυξομείωση της παραγόμενης ισχύος. Η ρύθμιση χρησιμοποιείται για τον ακριβή συντονισμό της συχνότητας του δικτύου, ταιριάζοντας την παραγόμενη

ισχύ με τη ζήτηση του φορτίου. Ο στόχος είναι η διατήρηση της συχνότητας του δικτύου όσο το δυνατόν πλησιέστερα στα 50 Hz. Εάν το φορτίο που ζητείται υπερβεί την παραγωγή ισχύος, οι γεννήτριες που εκείνη τη χρονική στιγμή τροφοδοτούν με ενέργεια το δίκτυο θα επιβραδυνθούν, υποδεικνύοντας ότι απαιτείται περισσότερη ισχύς στο δίκτυο. Προσθέτοντας ή αφαιρώντας μονάδες ισχύος, παρά τις μικρές αλλαγές, η συχνότητα μπορεί να διατηρηθεί σχεδόν σταθερή. Ρυθμίζεται έτσι ώστε ο αριθμός των κύκλων της ισχύος σε μια ώρα είναι να είναι πάντα ο ίδιος, ακόμα κι αν υπάρχουν μικρές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ώρας.

Οι υπηρεσίες ρύθμισης είναι χωρισμένες σε δύο κατηγορίες για την αγορά ενέργειας: η μία παρέχει τη δυνατότητα να αυξηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ένα επίπεδο αναφοράς, και η άλλη για να μειώσει την ισχύ της παραγωγής από την τιμή αναφοράς. Αυτοί οι δυο τύποι ρυθμίσεων τιμολογούνται ανά MW για κάθε ώρα της διαδικασίας της ρύθμισης. Τα οχήματα που χρησιμοποιούν για την ηλεκτρική κίνησή τους μπαταρίες μπορούν να είναι εξαιρετικά κατάλληλα για να αποδώσουν σε αυτήν την αγορά ενέργειας. Πρώτον, μπορούν να ανταποκριθούν πολύ γρήγορα στα σήματα ρύθμισης, δεύτερον μπορούν να εκτελέσουν την ρύθμιση τόσο προς τα επάνω (Vehicle-to-grid power) όσο και την ρύθμιση προς τα κάτω (φόρτιση του οχήματος) και τρίτον μπορούν να συνδυάσουν τη ρύθμιση προς τα πάνω και προς τα κάτω (συνδυασμένος κύκλος) που προκαλεί πολύ μικρή εκφόρτιση των μπαταριών.

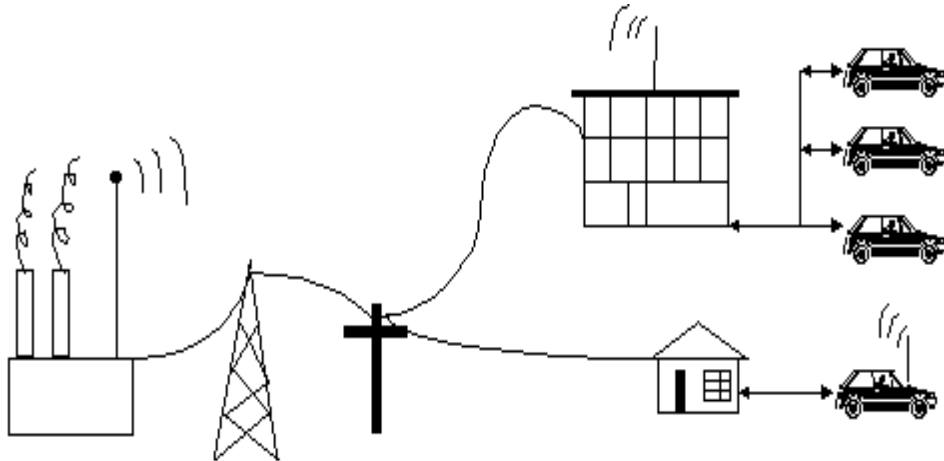
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΗ”

Θα πρέπει να μελετηθούν οι προϋποθέσεις που χρειάζονται ώστε να γίνει η σύνδεση για τη σωστή μεταφορά ενέργειας. Οι απαραίτητες προϋποθέσεις είναι δύο.

Πρώτα από όλα, θα πρέπει να είναι συνδεδεμένο το όχημα στο ηλεκτρικό δίκτυο, ενώ το σύστημα αυτό θα έχει συνδεθεί με μια λογική ελέγχου (κάτι σαν PLC), έτσι ώστε όταν ζητηθεί από το δίκτυο η ηλεκτρική ισχύς, να δοθεί μέσω αυτού η εντολή για να ξεκινήσει η μεταφορά της προς τους καταναλωτές. Στο δεύτερο αυτό τύπο σύνδεσης είναι πολύ σημαντικό το πρόγραμμα ελέγχου να είναι προγραμματισμένο έτσι ώστε μόνο όταν ζητηθεί από το κέντρο ελέγχου της εταιρίας διαχείρισης του ηλεκτρικού δικτύου, να μεταφέρεται η ισχύς προς τα φορτία δεδομένου ότι δεν πρέπει να καταναλώνεται η ενέργεια των οχημάτων σε άλλες χρονικές στιγμές όπου η ισχύς δεν είναι στην αιχμή της. Το σήμα δεν είναι δυνατό να σταλθεί από το εργοστάσιο παραγωγής, λόγω της μεγάλης απόστασης, αλλά η εταιρεία διαχείρισης του δικτύου αποφασίζει ποια χρονική στιγμή θα στείλει το σήμα, ώστε να αξιοποιηθεί η ηλεκτρική ενέργεια που μπορούν να προσφέρουν τα οχήματα.

Παρακάτω απεικονίζεται αυτό το σύστημα, που περιγράφει τους δυο τύπους αυτούς συνδέσεως. Συνεπάγεται ότι αυτές οι συνδέσεις μπορούν να γίνουν όχι μόνο σε γκαράζ σπιτιών, αλλά και σε δημόσιους χώρους στάθμευσης.



Σχήμα 3.1

Σύμφωνα με την σύνδεση λογικού ελέγχου, θα πρέπει να υπάρχει πάντα μια δικλείδα ασφαλείας, η οποία δεν θα επιτρέπει από το δίκτυο να απορροφήσει όλη την ενέργεια του οχήματος, διατηρώντας έτσι ένα 30% της συνολικής της ενέργειας για οποιαδήποτε χρήση.

Παρακάτω, αναφέρονται αναλυτικά θέματα που αφορούν την σύνδεση οχημάτων για λειτουργία V2G καθώς επίσης και οχημάτων με χρήση αερίων καυσίμων. Έπειτα αναλύονται οι τεχνολογίες τηλεματικής που μπορούν να βρουν εφαρμογή σε αυτό τον κλάδο και παρουσιάζονται τα επιχειρηματικά μοντέλα που καθιστούν δυνατή την πραγματοποίησή τους.

3.1 Ηλεκτρική Σύνδεση

Τα οχήματα που χρησιμοποιούν μπαταρίες για την φόρτισή τους, έχουν ήδη τις προϋποθέσεις για τη σύνδεση στο δίκτυο προκειμένου να φορτίζουν τις μπαταρίες τους. Δεδομένου λοιπόν ότι υπάρχει ήδη ο κατάλληλος εξοπλισμός, ώστε το όχημα να φορτίζεται και επιπλέον με τη χρήση των ηλεκτρονικών ισχύος, το όχημα μπορεί να παρέχει ισχύ πίσω στο δίκτυο - σαν μια πηγή παραγωγής ενέργειας διασυνδεδεμένη στο δίκτυο - κάνοντας την αντίστροφη διαδικασία χωρίς να γίνουν τροποποιήσεις στον υπάρχον εξοπλισμό του οχήματος. Με έρευνες που έγιναν αποδείχτηκε ότι με ελάχιστο κόστος και ελάχιστες τροποποιήσεις, επιτρέπεται η αντίστροφη ροή ρεύματος από το όχημα προς το ηλεκτρικό δίκτυο. Κρίνεται άξιο αναφοράς ότι, αν το όχημα είχε σχεδιαστεί από την αρχή με αυτές τις προδιαγραφές, θα είχε σχεδόν μηδενική επιβάρυνση στην τελική τιμή του, ενώ αν γίνονταν στην συνέχεια οι τροποποιήσεις, το τελικό τους κόστος θα ήταν μεγαλύτερο.

Ανάλογα με την τάση τροφοδοσίας και το ρεύμα που μπορεί να τραβήξει το καλώδιο της σύνδεσης εξαρτάται κάθε φορά και η ισχύς της σύνδεσης, η οποία μετριέται σε KW. Έτσι, ενδεικτικά έχουμε για μια τάση τροφοδοσίας 208V και ρεύμα 32A ισχύς περίπου 6,66KW, κάτι που συναντάμε σε εμπορικά κτίρια, ενώ με τάση 240V που έχουμε σε οικιακές συνδέσεις, η ισχύς ανεβαίνει σε 7,68KW. Εάν υπολογίσουμε ότι η μικρότερη οικιακή σύνδεση είναι 40A, τότε καταλαβαίνουμε ότι η ισχύς είναι ακόμα μεγαλύτερη, αγγίζοντας σχεδόν τα 10KW (9,6KW). Άρα, συνοψίζοντας τα παραπάνω, θα λέγαμε ότι για μια ζήτηση 7KW οι παραπάνω συνδέσεις είναι υπεραρκετές.

Οι παραπάνω συνδέσεις ανήκουν σε μια κατηγορία που ονομάζονται επιπέδου 2 και οι ισχύς φτάνει μέχρι και τα 10KW περίπου. Όταν όμως μιλάμε για συνδέσεις επιπέδου 3, τότε έχουμε να κάνουμε με εντάσεις που αγγίζουν τα 80A (τυπικά μιλάμε για 100A). Εκεί, η ισχύς, όπως είναι λογικό, είναι πολύ μεγαλύτερη και φτάνει τα 16,64KW σε μια τροφοδοσία 208V, ενώ ξεπερνάει τα 19KW με 240V. Όσο πιο μεγάλη είναι η ισχύς που μπορεί να δοθεί στο δίκτυο, τόσο πιο πολλά θα είναι τα κέρδη για τον καταναλωτή και πιο μεγάλα τα οφέλη για την εταιρεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον παρακάτω πίνακα, ο οποίος περιλαμβάνει τα επίπεδα τάσεων για την Αμερικανική ήπειρο, βλέπουμε κάποιες τυπικές τιμές της χωρητικότητας της γραμμής ανάλογα με την εγκατάσταση που τις συναντάμε.

Πίνακας 3.1

	Volts	Amps	kW
Public Level 2 charger	208	32	6.6
Public Level 3AC charger (100 A line)	208	80	16.6
Residential Level 3AC charger (100 A line)	240	80	19.2
Large residential appliance (range)	240	40	9.6
Residential service (small single-family)	240	150	36
Air handling, small commercial building (3 story)	208	60	12

Αν υποθέσουμε ότι συνδέουμε σε ένα σπίτι, ένα όχημα με σκοπό να δώσει ισχύ στο δίκτυο, τότε θα πρέπει να έχουμε υπ' όψιν και την εγκατεστημένη ισχύ του σπιτιού. Αυτό γιατί η ισχύς που θα επιστρέφει στο δίκτυο, θα περνάει μέσα από την εγκατάσταση και θα πρέπει η γραμμή να μπορεί να αντέξει το ρεύμα που θα τη διαρρεύσει. Επειδή το σύστημα, εκτός από λειτουργικό χρειάζεται να είναι και οικονομικά δυνατό, η γραμμή που θα συνδέεται με το όχημα δεν πρέπει να απέχει πολύ από τον κεντρικό πίνακα της οικίας. Οι λόγοι είναι το μεγάλο κόστος του καλωδίου αλλά και η πτώση τάσης της γραμμής.

Όσον αφορά τη σύνδεση, σημαντικό είναι να γνωρίζουμε την τάση τροφοδοσίας της εγκατάστασης για να ξέρουμε αν είναι συμβατή με την μπαταρία του οχήματος. Ένα εύρος τιμών μεταξύ της συνήθους τάσης της μπαταρίας είναι από 288 μέχρι 345 V DC και η επιλογή θα πρέπει να εξαρτάται από την τάση τροφοδοσίας της εγκατάστασης, για να μην υπάρχουν πρόσθετα έξοδα σε διάφορες διατάξεις (ηλεκτρονικά ισχύος) στη συνέχεια, ανεβάζοντας ακόμα περισσότερο το κόστος.

Εκτός από τα ηλεκτρικά οχήματα, που είναι και η βασική κατηγορία οχημάτων για V2G συνδέσεις, μπορούμε να μιλήσουμε και για συνδέσεις με υβριδικά οχήματα, αλλά και για οχήματα κυψελών καυσίμου. Πιο συγκεκριμένα, για τα υβριδικά οχήματα είναι μάλλον περιβαλλοντική η ανάγκη μιας τέτοιας τροποποίησης, διότι σε αυτή την περίπτωση θα υπάρχει πολύ μικρότερη χρήση του κινητήρα εσωτερικής καύσης του οχήματος, που πρακτικά σημαίνει και πολύ λιγότερη κατανάλωση καυσίμων.

Για κάθε όχημα ηλεκτρικό, υβριδικό ή κυψελών καυσίμου, η μελέτη που πρέπει να γίνει για την σύνδεση σε μια εγκατάσταση πρέπει να είναι διαφορετική. Δηλαδή όταν πρόκειται για υβριδικά οχήματα, η αγωγήμη σύνδεση θα έχει μια ισχύ γύρω στα 16,6KW ενώ για οχήματα κυψελών καυσίμου, η αντίστοιχη ισχύς είναι γύρω στα 20 ή σε μερικές περιπτώσεις και 40KW. Εκτός από την αγωγήμη σύνδεση, υπάρχει και η επαγωγική, όπου μέχρι σήμερα μέσω αυτής δεν μπορεί να μεταφερθεί ενέργεια από το όχημα στο δίκτυο. Οι λόγοι είναι καθαρά οικονομικοί, καθώς μια ενδεχόμενη μετατροπή ενός επαγωγικού σταθμού φόρτισης θα χρειαζόταν κάποιες διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος και εκτός αυτού και νέα προγράμματα θα πρέπει να εγκατασταθούν για να μπορεί να γίνεται αμφίδρομα η διαδικασία. Κάτι τέτοιο καθιστά την επαγωγική φόρτιση του οχήματος προς το δίκτυο οικονομικά ανέφικτη.

3.2 Σύνδεση οχημάτων με χρήση αερίων καυσίμων

Μέχρι τώρα έχουν μελετηθεί συνδέσεις οχημάτων με αποκλειστική χρήση συσσωρευτών. Ένα μεγάλο ποσοστό οχημάτων χρησιμοποιεί για τη μεταφορά αέρια καύσιμα, όπως το φυσικό αέριο. Σε αυτή την περίπτωση, δε χρειάζονται περαιτέρω συνδέσεις, δεδομένου ότι παρέχεται ήδη χώρος αποθήκευσης καυσίμου στο όχημα (δεξαμενή καυσίμου). Άρα, με ένα τέτοιο σύστημα, καθίσταται θεωρητικά δυνατή η παραγωγή ενέργειας για απεριόριστο χρονικό διάστημα. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της σύνδεσης είναι το γεγονός ότι το κόστος εγκατάστασης είναι προμελετημένο εντός του αρχικού κόστους.

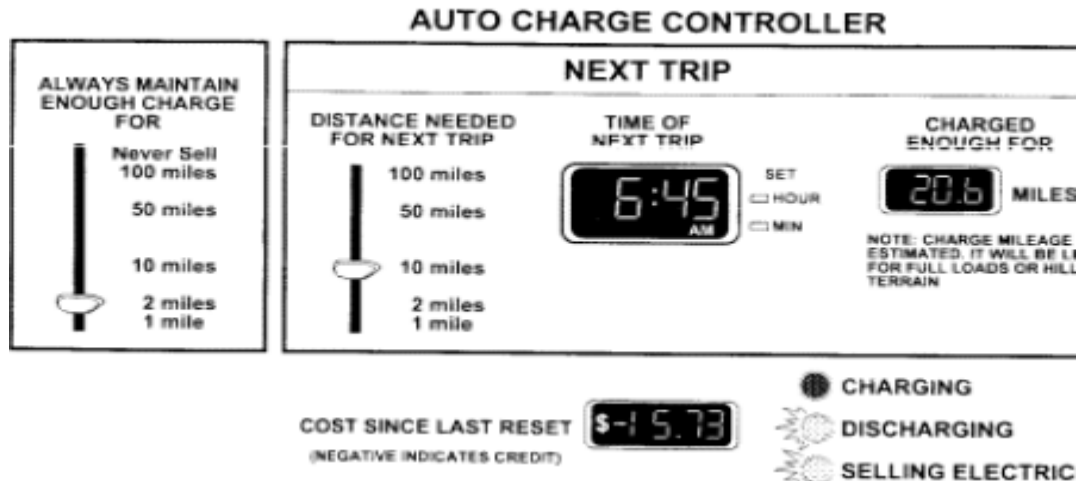
Βέβαια, μια τέτοια σύνδεση χρειάζεται περαιτέρω προσοχή, διότι κατά πρώτον η μονάδα ελέγχου της στάθμης καυσίμου θα πρέπει να είναι αυστηρά προγραμματισμένη έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος υπέρβασης της ενέργειας που δίνεται στο δίκτυο, με αποτέλεσμα την αποστράγγιση του καυσίμου στο όχημα. Κατά δεύτερον, θα πρέπει η λειτουργία V2G να μη φέρει σε επισφαλή θέση την υγεία των επιβατών του οχήματος με μια ενδεχόμενη διαρροή καυσίμου μέσω ελαττωματικών συνδέσεων, γι' αυτό και κρίνεται αναγκαία η προϋπόθεση να λαμβάνει χώρα σε ανοιχτούς χώρους η φόρτιση τέτοιων οχημάτων. Πρέπει επίσης να υπάρχει καλή διαχείριση ρύπων, με ειδικά φίλτρα όπου κρίνεται απαραίτητο.

Σε τελική ανάλυση, η σύνδεση για υβριδικά οχήματα με αέρια καύσιμα θεωρείται οικονομικά εφικτή, ενώ τα οικονομικά οφέλη θα είναι ακόμα μεγαλύτερα εάν γίνει χρήση μιας διάταξης διπλής σύνδεσης, δηλαδή μιας σύνδεσης για τα αέρια καύσιμα και μίας για την μπαταρία.

3.3 Χειρισμός για κινητήριο έλεγχο εντός εμβέλειας

Όπως αναφέρθηκε στις παραπάνω ενότητες, είναι πολύ σημαντική η σωστή φόρτιση και εκφόρτιση του συστήματος. Ο χειριστής του οχήματος θα πρέπει να έχει πάντα ένα κατώτατο όριο εκφόρτισης του οχήματος, υπολογίζοντας πάντα την απολύτως απαραίτητη ενέργεια που θα χρειάζεται για την εξυπηρέτηση των αναγκών του. Σε αυτό το υπολογισμένο όριο, θα πρέπει ο οδηγός να προσμετρά πρώτα απ' όλα την προβλεπόμενη ποσότητα ενέργειας που θα καταναλωθεί για τη μεταφορά του σε προγραμματισμένες τοποθεσίες, χωρίς να παραμελεί την

ποσότητα ασφαλείας που χρειάζεται να υπάρχει στη διάθεσή του σε περίπτωση ανάγκης. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένας τυπικός πίνακας ελέγχου.



Σχήμα 3.2

Πίνακας ελέγχου ενεργειακής διαθεσιμότητας
(Kempton & Letendre, 1997)

3.4 Σύνδεσμοι ελέγχου

Ένας καθοριστικός παράγοντας για την εξέλιξη του V2G είναι η αξιοπιστία και η φερεγγυότητά του απέναντι στις αυτοκινητοβιομηχανίες. Με τη χρήση τηλεματικής τεχνολογίας, είναι δυνατή η απόλυτη δικτύωση των οχημάτων και ο έλεγχός τους σε πραγματικό χρόνο. Τέτοιες υπηρεσίες μπορεί να είναι η ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο, ο αυτόματος εντοπισμός θέσεως στο χώρο, η ανίχνευση μηχανικών προβλημάτων, αλλά και των πλησιέστερων μονάδων εφοδιασμού.

Πολλές από αυτές τις υπηρεσίες χρησιμοποιούν επιχειρηματικά μοντέλα από παρόχους ανεξάρτητους από την αυτοκινητοβιομηχανία, οι οποίοι αποκομίζουν ένα ποσοστό από τις πωλήσεις αυτών των οχημάτων. Όσο αναπτύσσεται η τηλεματική, οι πάροχοι αυτοί θα μπορούν να συσσωρεύουν μέρος της ενέργειας με άμεσο σκοπό την πώλησή της, δρώντας ως μια τοπική εταιρεία παροχής ενέργειας. Οι δυνατότητες της τηλεματικής θα μπορούσαν επίσης να θέσουν σε λειτουργία ένα σύστημα εντόπισης οχημάτων, μέσω ενός μοναδικού αναγνωριστικού στοιχείου, όπως είναι η διεύθυνση IP. Το σύστημα αυτό θα έβρισκε εφαρμογή σε λογαριασμούς και πιστώσεις προς το όχημα για V2G.

Ήδη παρατηρείται η εξέλιξη της τηλεματικής στην αυτοκινητοβιομηχανία με όλο και περισσότερα μοντέλα να την εφαρμόζουν. Μεγάλες εταιρείες ελέγχουν, μέσω μιας κεντρικής μονάδας, όλα τα οχήματά τους, καταγράφοντας τα δρομολόγιά τους, την κατανάλωση καυσίμων και το χρόνο διεκπεραίωσης των εργασιών. Όλα τα παραπάνω αποθηκεύονται σε έναν πίνακα και με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η σωστή διαχείριση των διαθέσιμων οχημάτων. Επί του παρόντος, η ανάπτυξη της κινητής τηλεφωνίας έδωσε στο καταναλωτικό κοινό την πολυτέλεια της παροχής όλων των παραπάνω τεχνολογιών, όπως της σύνδεσης στο διαδίκτυο, ανίχνευσης θέσης στο χώρο, ή ακόμα και άμεση ειδοποίηση σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης. Είναι προφανές ότι, δεδομένου του μικρότερου κόστους στην εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών μέσω κινητής τηλεφωνίας, η ιδέα μιας διασύνδεσης των οχημάτων όπως περιγράφεται παραπάνω δεν αποτελεί πλέον μια ελκυστική επιλογή, χωρίς αυτό όμως να σημαίνει τον πλήρη αποκλεισμό της στην αγορά.

3.5 Επιχειρηματικά μοντέλα

Βάσει όσων προαναφέρθηκαν σχετικά με το σύστημα V2G και τις συνθήκες λειτουργίας του, αναπτύχθηκε μια σειρά επιχειρηματικών μοντέλων, τα οποία αναδεικνύουν τα πλεονεκτήματά του και το καθιστούν πιο προσιτό στο καταναλωτικό κοινό, διευκολύνοντας παράλληλα την χρήση του.

➤ Μετρητές σταθμών

Στο μοντέλο αυτό μια ομάδα οχημάτων θα φορτίζεται για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, αποδίδοντας την ενέργεια αυτή σε περιόδους μεγάλης ζήτησης. Τα οχήματα θα δέχονται και θα αποστέλλουν σήματα μέσω των ενσωματωμένων τηλεματικών συσκευών, όπως αναφορές τοποθεσίας, κατάσταση φόρτισης του οχήματος και αν βρίσκεται σε θέση να παρέχει ισχύ στο δίκτυο. Κατ' ανάγκη, το σήμα θα ζητά απόδοση ισχύος ή βοηθητικές υπηρεσίες. Το σύστημα θα στέλνει περιοδικές αναφορές της παραγόμενης και καταναλισκόμενης ισχύος, τη θέση των σταθερών μετρητών και την ώρα που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις. Το παραπάνω μοντέλο χρειάζεται 3 στοιχεία για τη λειτουργία του:

- Μετρητές, για την καταγραφή του χρόνου και της ροής ισχύος. Αυτοί πρέπει να είναι ενσωματωμένοι, πιστοποιημένοι και σταθεροί.
- Ένα μοναδικό αναγνωριστικό στοιχείο για το όχημα ώστε να ξεχωρίζεται ο λογαριασμός που χρεώνεται ή πιστώνεται για την ροή ισχύος του οχήματος.(IP)
- Μια ταυτότητα θέσης ή σταθμού φόρτισης για την αντιστοίχιση των λογαριασμών στους μετρητές.

➤ Μετρητές οχημάτων

Σε αυτή την περίπτωση, κάθε όχημα είναι εξοπλισμένο με έναν ανεξάρτητο μετρητή, ο οποίος συναλλάσσεται με τον λογαριασμό που αντιστοιχεί στο όχημα. Αν και φορτίζονται μέσω σταθερών μετρητών σε σταθμούς φόρτισης, η διαφορά στην τιμή της ενέργειας μεταξύ των δύο μετρητών αποζημιώνεται κανονικά. Η πελατειακή χρέωση βασίζεται εξ' ολοκλήρου στον κινητό μετρητή και συσσωρεύει το ποσό που αναλογεί για την φόρτιση του οχήματος, χωρίς να χρειάζεται η συνάθροιση από κάθε ξεχωριστό μετρητή.

➤ Ενεργειακές συναλλαγές

Επειδή το καταναλωτικό κοινό δεν επιθυμεί απ' ευθείας συναλλαγές με τις εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είναι προτιμότερη η επιλογή ενός μεσάζοντα μεταξύ του ιδιοκτήτη του οχήματος και του χειριστή του δικτύου. Αυτός μπορεί να είναι

- Η τοπική εταιρεία διανομής ενέργειας που συμμετέχει ήδη στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας και προσδίδει αξιοπιστία στο σύστημά της
- Το τμήμα συντήρησης μιας αυτοκινητοβιομηχανίας που θέλει να διατηρήσει πελατειακές σχέσεις
- Μια τηλεφωνική εταιρεία που χειρίζεται το δίκτυο τηλεπικοινωνιών πάνω στο οποίο βασίζεται το σύστημα V2G, που βγάζει κέρδος από πλήθος μικροσυναλλαγών
- Ένα τρίτο πρόσωπο που ειδικεύεται σε ενεργειακές αγορές.

Αυτοί οι μεσάζοντες πρέπει να φέρουν την κατάλληλη πιστοποίηση από τον αντίστοιχο οργανισμό και να έχουν την ικανότητα επικοινωνίας με όλα τα εμπλεκόμενα οχήματα.

➤ Επιχειρήσεις συσσωρευτών

Ένα αξιοσημείωτο μοντέλο περιλαμβάνει την δωρεάν παροχή μπαταριών από εταιρείες στους ιδιοκτήτες οχημάτων αλλά και αντικατάστασή τους, με την προϋπόθεση ότι η διακίνηση της ενέργειας από τα οχήματα στο δίκτυο θα γίνεται χωρίς χρέωση για την εταιρεία και με όρους που τίθενται από αυτήν. Οι καταναλωτές θα διατηρούν ένα κατώτατο όριο εκφόρτισης της μπαταρίας για τις ανάγκες τους αλλά και για έκτακτες περιπτώσεις.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΠΟΡΩΝ”

Σε αυτό το κεφάλαιο της μελέτης μας θα αναφερθούμε σε τρεις κρίσιμες ποσότητες. Το πρώτο μέρος αφορά το συνολικό μέγεθος των V2G ηλεκτρικών πόρων βασισμένο μόνο στις προβλεπόμενες πωλήσεις. Στο δεύτερο μέρος χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι για να υπολογιστεί περίπου ποιο ποσοστό του στόλου των EDVs δε θα είναι στο δρόμο σε οποιοδήποτε χρόνο και θα είναι διαθέσιμο για τη V2G ισχύ. Το τρίτο μέρος υπολογίζει τον αριθμό των οχημάτων που απαιτούνται για να ικανοποιήσουν τις συνολικές αγορές για τη ρύθμιση, τη στρεφόμενη εφεδρεία και την ισχύ αιχμής.

4.1 Πωλήσεις οχημάτων ηλεκτρικής κίνησης και η προβλεπόμενη συνολική τους ηλεκτρική ισχύς

Τρία θα μπορούσαμε να πούμε πως είναι τα πιθανά σενάρια διάδοσης των υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα κατά τη δεκαετία 2010-2020. Θα τα χαρακτηρίσουμε για το υπόλοιπο της ενότητας ως :

❖ A: Συντηρητικό

❖ B: Ρεαλιστικό

❖ Γ. Αισιόδοξο

Η πιθανότερη εκδοχή είναι ότι κατά τα έτη 2013 και 2014 θα ενταθούν οι πωλήσεις των υβριδικών οχημάτων της γενιάς των Prius III, των Honda Insight και των υβριδικών Lexus αλλά και αρκετών άλλων παρόμοιων μοντέλων, τα οποία αναμένονται να εισέλθουν στην ελληνική αγορά.

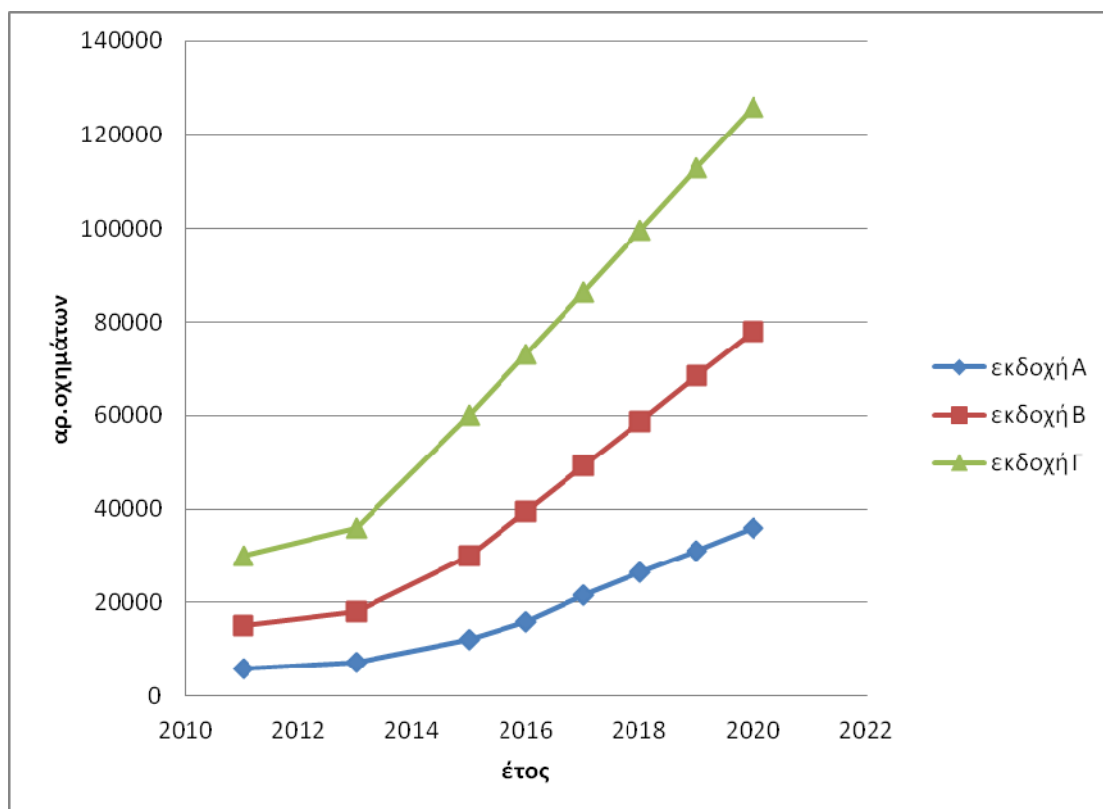
Η υβριδική αυτή τεχνολογία προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, σε σύγκριση με τα γνωστά μας βενζινοκίνητα ή πετρελαιοκίνητα οχήματα. Χαμηλότερη κατανάλωση και επομένως μειωμένη εκπομπή ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου, ικανότητα να διακόπτουν τη λειτουργία του βενζινοκινητήρα ή του πετρελαιοκινητήρα όταν βρίσκονται ακινητοποιημένα στην κυκλοφορία (τεχνολογία Start-Stop), μηδενίζοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας και την αντίστοιχη ρύπανση κατά τον χρόνο της ακινητοποίησής τους και επιπλέον η ικανότητά τους να αξιοποιούν ένα μέρος της κινητικής τους ενέργειας κατά τη διάρκεια των επιβραδύνσεων και των πεδήσεων.

Έτσι το 2013-2014 θα σημειωθεί ευρύτερη διάδοση αυτής της τεχνολογίας, η οποία όμως δεν χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο και επομένως δεν έχει καμία επίπτωση στην υποδομή παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ολιγάριθμα ηλεκτρικά ή άλλης τεχνολογίας αυτοκίνητα (κυψελών καυσίμου), τα οποία θα κάνουν κατά τα έτη αυτά την εμφάνισή τους, δεν πρόκειται να σημειώσουν πωλήσεις άξιες λόγου.

Με βάση τα ανωτέρω, τα πιθανά σενάρια διάδοσης των οχημάτων νέας τεχνολογίας στην ελληνική αγορά κατά τα έτη 2013-2014 διαμορφώνονται ως ακολούθως:

- **Εκδοχή Α** - Πωλήσεις 6.000 αυτοκινήτων ετησίως, ήτοι ποσοστό 2%
- **Εκδοχή Β** - Πωλήσεις 15.000 αυτοκινήτων ετησίως, ήτοι ποσοστό 5%
- **Εκδοχή Γ** - Πωλήσεις 30.000 αυτοκινήτων ετησίως, ήτοι ποσοστό 10%

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, φαίνεται η απόκλιση των τριών σεναρίων για τα έτη 2010-2020



Σχήμα 4.1

Σύμφωνα λοιπόν με τα τρία προαναφερθέντα σενάρια πωλήσεων που έχουμε θα προσπαθήσουμε να υπολογίσουμε την ισχύ που μπορούν να μας παράσχουν ο εκτιμώμενος στόλος των οχημάτων για το 2020, μα καθώς και το βαθμό διείσδυσης της κάθε τεχνολογίας.

Θεωρώ 18 kW την ισχύ που προκύπτει από το μέσο υβριδικό όχημα και 8 kW την ισχύ που προκύπτει από τα ηλεκτροκίνητα, ως τιμή παραδοχής δεδομένου πως θα πρόκειται τόσο για αυτοκίνητα πόλης μικρής ικανότητας όσο και για οχήματα μπαταρίας μεγαλύτερης ικανότητας ισχύος εξόδου. Θεωρώ το βαθμό διείσδυσης των δύο κατηγοριών οχημάτων μπαταρίας περίπου ίσο, δεδομένου πως μιλάμε για πωλήσεις οχημάτων σε ολόκληρη την επικράτεια.

Για καθένα από τα τρία σενάρια υπολογίζουμε για το 2020.

- **Εκδοχή Α - 468 MW (για 36.000 προβλεπόμενες πωλήσεις οχημάτων)**
- **Εκδοχή Β - 1014 MW(για 78.000 προβλεπόμενες πωλήσεις οχημάτων)**
- **Εκδοχή Γ - 1638 MW (για 126.000 προβλεπόμενες πωλήσεις οχημάτων)**

4.2 Διαθεσιμότητα του στόλου κατά τη διάρκεια της μέρας

Για να μπορούν τα ηλεκτρικά οχήματα κίνησης να θεωρηθούν σημαντική και αξιοποιήσιμη πηγή ενέργειας θα πρέπει να είναι διαθέσιμα όταν απαιτείται. Μέχρι τώρα έχουμε υπολογίσει μόνο το συνολικό μέγεθος των πόρων και όχι τη διαθεσιμότητα. Για να είναι διαθέσιμα, τα

οχήματα θα πρέπει να μην οδηγούνται και να είναι παρκαρισμένα κοντά σε μία πρίζα. Με τη βοήθεια έγκυρων δεδομένων, από το Σύλλογο Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων, τα οποία αναφέρονται περισσότερο στον οδικό προγραμματισμό και μας πληροφορούν για τα χιλιόμετρα και τη διάρκεια της οδήγησης καθώς και για τον όγκο και το χρόνο της ημερήσιας οδικής χρήσης θα εξάγουμε τα συμπεράσματά μας για τη διαθεσιμότητα των οχημάτων για παροχή V2G ισχύος.

Προκαταρκτικά, παραθέτουμε κάποια χρήσιμα στοιχεία που θα φανούν χρήσιμα στην αναλυτική προσέγγιση της διαθεσιμότητας του ηλεκτροκίνητου στόλου. Είναι σημαντικό να τονίσουμε σε αυτό το σημείο πως η διαθεσιμότητα θα είναι περίπου η ίδια, καθώς οι οδηγικές συνήθειες δεν αλλάζουν με την διαφορετική τεχνολογία του οχήματος. Δηλαδή η ανάγκη για μετακίνηση παραμένει ίδια, όπως επίσης και οι αποστάσεις. Σε περίπτωση που υπάρχει κάποια διαφοροποίηση, αυτή μπορεί να προκύπτει από τη συνειδητοποίηση των κερδών από το σταθμευμένο ηλεκτροκίνητο όχημα, οπότε σε κάθε περίπτωση η διαθεσιμότητα θα είναι τουλάχιστον ίση με την υπολογισμένη, αν όχι και μεγαλύτερη.

Το σύνολο των οχημάτων στη χώρα μας, όπως ήδη προαναφέραμε είναι 2.351.521 οχήματα, ενώ καθημερινά υπολογίζεται ότι πραγματοποιούνται 10.000.000 μετακινήσεις. Αυτό από μόνο του θέτει ένα άνω όριο στις μετακινήσεις ανά όχημα, στις :

- $10.000.000 / 2.351.521 = 4,253$ μετακινήσεις / ημέρα

Επιπλέον, για την Ελλάδα, που κατέχει τα πρωτεία στη χρήση αυτοκινήτου έχουν υπολογιστεί 7 μετακινήσεις την εβδομάδα και 9 μικρομετακινήσεις μερικών εκατοντάδων μέτρων (σε σύγκριση με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο που είναι 4). Οπότε συνολικά είναι 16 μετακινήσεις, δηλαδή ένα πιο ρεαλιστικό όριο είναι :

- $16 / 7 = 2,39$ μετακινήσεις / ημέρα

Το τελευταίο το παραθέτουμε για να αποδείξουμε πως όντως κάνουμε εκτιμήσεις από την ασφαλή πλευρά.

Ένα επιπλέον ενδιαφέρον στοιχείο είναι πως το 45% των μετακινήσεων ημερησίως αφορά την μεταφορά από και προς τη δουλειά. Οπότε στη χειρίστη περίπτωση οι μετακινήσεις που γίνονται σε ώρες αιχμής δεν ξεπερνούν τις:

- $45\% * 10.000.000 = 4.500.000$ μετακινήσεις πανελλαδικώς

και αντίστοιχα μιλάμε για

- $0,45 * 4,253 = 1,92$ μετακινήσεις / ημέρα, όχημα

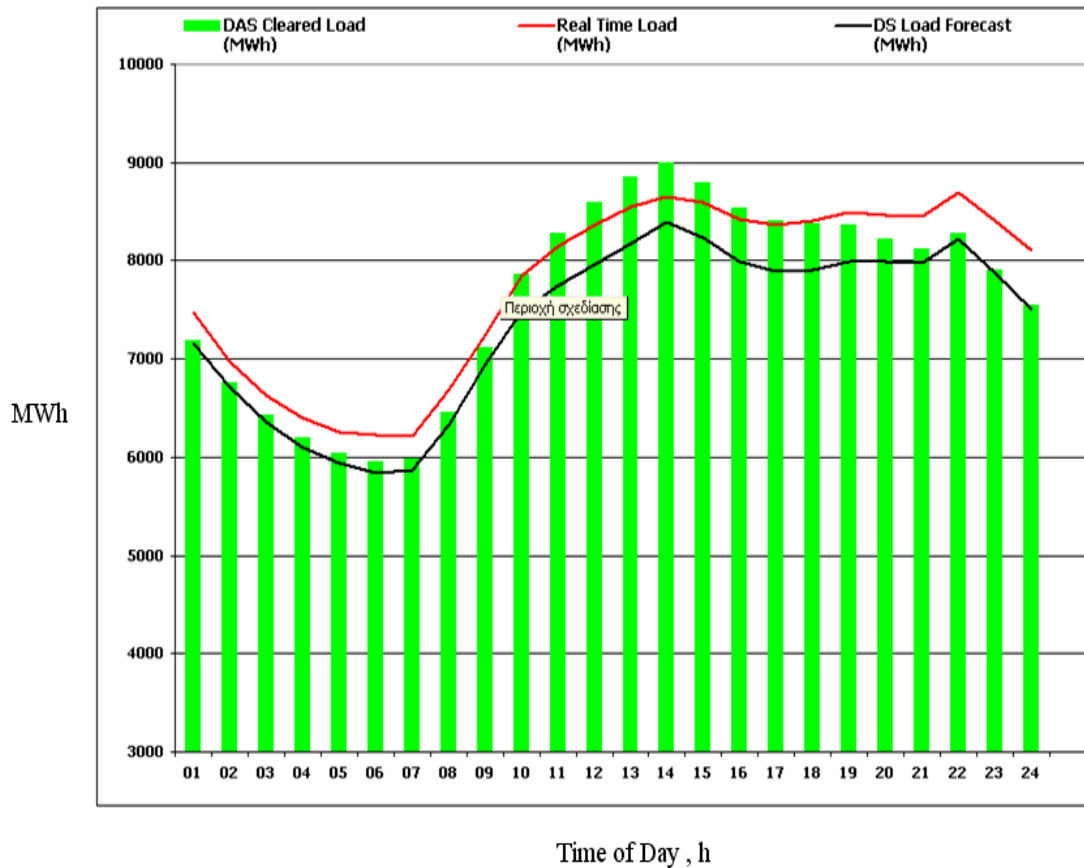
για μεταφορά από και προς την εργασία σε πιθανές ώρες αιχμής.

Αντιστοιχούν επίσης 428 οχήματα/1000 κατοίκους, γεγονός που υποδεικνύει πως ακόμα και αν ένας κάτοχος οχήματος βρίσκεται στο δρόμο, είναι πολύ πιθανό το δεύτερο εφεδρικό αυτοκίνητο της οικογένειας να είναι σταθμευμένο, δεδομένου πως αυτοί οι 1000 κάτοικοι της αναλογίας είναι διαφόρων ηλικιών και προελεύσεων.

Για την αγορά ρύθμισης που είναι και η σημαντικότερη για τα ηλεκτρικά οχήματα, ως επικερδέστερη, η πιθανότητα ζήτησης είναι ίδια κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για την αγορά στρεφόμενης εφεδρείας όμως και την αγορά αιχμής φορτίου η ζήτηση όπως είναι λογικό θα σημειώνεται κατά τις ώρες της αιχμής φορτίου που συμπίπτει με τις ώρες αιχμής ης κίνησης επίσης. Οπότε, η ύπαρξη ικανοποιητικής συνολικής ισχύος από τα EDVs αυτές τις ώρες, είναι παράγοντας πολύ καθοριστικός.

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει την ωριαία ζήτηση ισχύος για την Ελλάδα για μία καλοκαιρινή ημέρα (24 Ιουλίου 2012) (ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.). Η μέγιστη ζήτηση για ηλεκτρικό ρεύμα αυτή τη μέρα παρατηρείται κατά τις μεσημεριανές ώρες (13:30 - 15:00) και λόγω εποχής , κατά τις βραδινές ώρες (21:30 -22:30). Η συνολική διαθέσιμη ικανότητα παραγόμενης ισχύος του ελλαδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 12,76 GW. Η απαιτούμενη ισχύς αιχμής με βάση την παρακάτω καμπύλη φορτίου είναι 8,75 GW, γεγονός το οποίο αποτυπώνει πως το σύστημά μας λειτουργεί στο 68,6 % της ικανότητάς του. Γενικότερα, μπορούμε να πούμε πως η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος προκύπτει κατά τις μεσημεριανές ώρες και το μέγεθος της ισχύος αυτής εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ώρα της ημέρας. Αυτό σημαίνει πως η ζήτηση φορτίου αιχμής και στρεφόμενης εφεδρείας επικαλύπτεται χρονικά με την απογευματινή αιχμή της καμπύλης κυκλοφορίας.

System Load: SCADA Real-Time and Scheduling Figures Comparison for Tuesday 24/07/2012



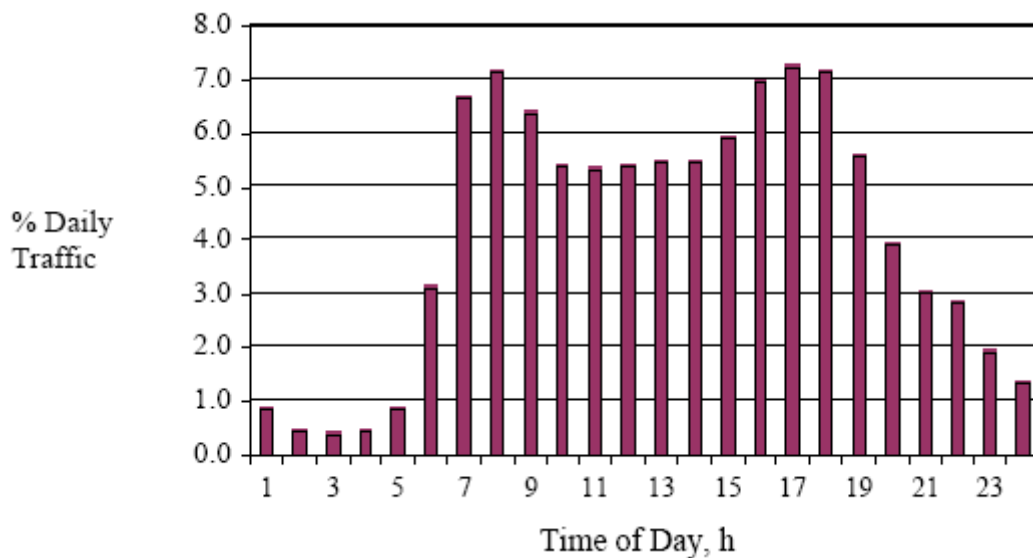
Real Time Load(MWh) : Real-Time SCADA Balance Area Load Demand Including System Losses
 DS Load Forecast (MWh) : Day-Ahead Dispatch Scheduling Load Forecast plus Calculated System Losses
 DAS Cleared Load (MWh) : Day-Ahead Scheduling Load Declarations plus Calculated System Losses

Σχήμα 4.2

Διάγραμμα 4.2. Ημερήσιο ηλεκτρικό φορτίο για την Ελλάδα για μία καλοκαιρινή ημέρα (24 Ιουλίου 2012) (ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.)

Το επόμενο γράφημα απεικονίζει την ωριαία κατανομή της κυκλοφοριακής ροής όπως προέκυψε από μετρήσεις της κυκλοφορίας ανά ώρα και κατανομής του ποσοστού αυτής στην ημέρα. Αυτό το γράφημα απεικονίζει στοιχεία για μία τυπική αστική πόλη , όπως η

Αθήνα. Θεωρούμε πως αυτό το γράφημα θα μπορούσε να περιγράψει και τη γενικότερη καθημερινή κυκλοφοριακή ροή των οχημάτων σε ολόκληρη την Ελλάδα. Οι ώρες που παρουσιάζεται έντονη κυκλοφορία είναι κατά τις πρωινές ώρες 7:00-9:00 και κατά τις μεσημεριανές ώρες 15:00-18:00, οι οποίες τυγχάνουν να είναι οι συνηθισμένες ώρες μετακίνησης των εργαζομένων προς και από τη δουλειά τους.



Σχήμα 4.3

Διάγραμμα 4.2. Ωριαία κατανομή της καθημερινής κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια μιας ημέρας.

Ως αρχική προϋπόθεση λαμβάνουμε υπόψη πως όλα τα καταχωρημένα οχήματα είναι στο δρόμο κάθε μέρα. Αυτή η προϋπόθεση είναι αρκετά ρεαλιστική για τα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα και λιγότερο για τα συμβατικά. Επίσης ένα αρκετά ρεαλιστικό ποσοστό διαθεσιμότητας που προκύπτει ευκόλως από τα στοιχεία μας είναι το

95,68% ως συνέπεια του μέσου χρόνου οδήγησης στην Ελλάδα ημερησίως που είναι 62 λεπτά, συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου εύρεσης θέσης στάθμευσης.

Θα υπολογίσουμε τη διαθεσιμότητα αναλυτικότερα, βασιζόμενοι σε τρεις διαφορετικές μεθόδους, που εφόσον τις διασταυρώσουμε μας δίνουν ένα ασφαλές κάτω όριο διαθεσιμότητας.

Εάν θεωρήσουμε όμως πως ένας αριθμός οχημάτων είναι παρκαρισμένα για ένα σημαντικό αριθμό ημερών, η διαθεσιμότητα των οχημάτων που μπορούν να παρέχουν ηλεκτρική ισχύ στο δίκτυο θα είναι μεγαλύτερη από αυτή που υπολογίζουμε παρακάτω.

Υπολογίζουμε τη διαθεσιμότητα των οχημάτων κατά τη διάρκεια της μέρας με τρεις διαφορετικές μεθόδους. Κάθε μέθοδος υπολογισμού απαιτεί υποθέσεις ή επεκτάσεις των υπαρχόντων δεδομένων. Έτσι η σύγκριση και η διασταύρωση των αποτελεσμάτων των τριών μεθόδων θα μας οδηγήσουν σε ένα ασφαλές κατώτατο όριο διαθεσιμότητας.

➤ 1^η μέθοδος υπολογισμού διαθεσιμότητας

Η πρώτη μέθοδος είναι ένας απλός υπολογισμός μη βασισμένος σε στοιχεία κυκλοφορίας. Είναι ο απλούστερος τρόπος να καταλάβουμε και, ακόμα αν όχι τέλεια ακριβής, καθιστά τους δύο άλλους πιο λεπτομερείς υπολογισμούς περισσότερο κατανοητούς.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε 100 οχήματα ηλεκτρικής κίνησης τα οποία μπορούν να συνδεθούν με το ηλεκτρικό δίκτυο και τα οποία είναι όλα μετακινούμενα οχήματα που θα είναι στο δρόμο κάποια στιγμή

μεταξύ των ωρών 15:00 και 18:00. κατά τη διάρκεια των τριών αυτών ωρών υπάρχει ένα σύνολο τριακοσίων οχηματο-ωρών χωριζόμενο σε χρόνο οδήγησης και χρόνο στάθμευσης που ενδεχομένως τα οχήματα να συνδέονται στο δίκτυο. Από τη στιγμή που ένα μέσο όχημα είναι στο δρόμο περίπου για μία ώρα κατά τη διάρκεια της μέρας, υποθέτουμε πως εν ώρα κυκλοφοριακής αιχμής, δηλαδή μεταξύ 15:00-18:00. κάθε όχημα θα είναι στο δρόμο για 0,5 ώρα. Ο πραγματικός αριθμός των ωρών κυκλοφορίας των οχημάτων που χρησιμοποιούνται για την οδήγηση είναι $0,5 \text{ ώρες} * 100 \text{ οχήματα} = 50 \text{ οχηματο-ώρες}$. Αυτό αφήνει άλλες 250 οχηματο-ώρες διαθέσιμες για σύνδεση στο δίκτυο κατά τη διάρκεια της περιόδου της κυκλοφοριακής αιχμής μεταξύ 15:00 – 18:00, η οποία είναι ίση με το 83% των αρχικών ωρών κυκλοφορίας των οχημάτων. Με αυτό τον απλό υπολογισμό εκτιμούμε πως κατά μέσο όρο το 83 % των οχημάτων είναι διαθέσιμα σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της περιόδου της κυκλοφοριακής αιχμής.

Η διαθεσιμότητα πιθανότατα είναι μεγαλύτερη από αυτή που μας δείχνει ο απλός αυτός υπολογισμός επειδή δεν χρησιμοποιούνται όλα τα αυτοκίνητα ηλεκτρικής κίνησης για μετακινήσεις. Έρευνα σε ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων έδειξε πως γίνεται ίσος διαμερισμός στη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων για μετακινήσεις, αγορές ή για άλλους λόγους κατά τη διάρκεια μιας εβδομάδος. Αυτό σημαίνει πως τις ώρες μετακίνησης από 15:00-18:00, η πραγματική ώρα στον δρόμο για ένα όχημα κατά μέσο όρο είναι 15 λεπτά. Χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα για να τροποποιήσουμε τον παραπάνω υπολογισμό, έχουμε ως αποτέλεσμα πως ο αριθμός των ωρών κυκλοφορίας ενός οχήματος είναι κοντά στις 25 από τις συνολικές 300. Αυτό αυξάνει τη διαθεσιμότητα των οχημάτων στο 92%.

➤ 2^η μέθοδος υπολογισμού διαθεσιμότητας

Η δεύτερη μέθοδος υπολογισμού της διαθεσιμότητας χρησιμοποιεί τα δεδομένα καθημερινής κυκλοφορίας από το διάγραμμα 4.2. Η επί τοις εκατό καθημερινή κυκλοφορία στο διάστημα αιχμής της είναι μόνο 7,3% της συνολικής καθημερινής κυκλοφορίας, ενώ το συνολικό άθροισμα του ποσοστού της καθημερινής κυκλοφορίας για την τρίωρη περίοδο αιχμής είναι 21,5 %. Αφού ξέρουμε ότι ο μέσος χρόνος που περνάει ένα Ι.Χ. όχημα στο δρόμο μια καθημερινή ημέρα είναι κατά προσέγγιση μία ώρα και υποθέτουμε πως η πλειοψηφία των οχημάτων στο δρόμο εκείνη την ώρα (15:00-18:00) μετακινούνται από τη δουλειά, κατόπιν μπορούμε να εκτιμήσουμε πως αυτά τα οχήματα θα είναι στο δρόμο για το πολύ 30 λεπτά, το μισό δηλαδή του μέσου όρου του χρόνου καθημερινής οδήγησης. Έτσι, από το 21,5 % της καθημερινής κυκλοφορίας μεταξύ των ωρών 15:00-18:00, τα περισσότερα οχήματα θα είναι στο δρόμο μόνο για 30 λεπτά ή για το 1/6 των 3 ωρών. Μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσοστό των οχημάτων που είναι εκτός δρόμου ή πιθανώς σταθμευμένα, σε οποιοδήποτε σημείο ως $78,5\% + (5/6 * 21,5\%)$ ή 96,4%. Δηλαδή, εάν υποθέσουμε ότι τα ηλεκτρικά οχήματα είναι συνδεδεμένα πριν και μετά την ώρα μετακίνησής τους, όχι περισσότερο από 3,6% των οχημάτων είναι μη διαθέσιμα σε οποιαδήποτε στιγμή, ακόμη και κατά την ώρα κυκλοφοριακής αιχμής της μέρας.

Επειδή το 96,4% των οχημάτων που σταθμεύουν κατά τη διάρκεια των ωρών κυκλοφοριακής αιχμής θεωρείται παράλογο από αυτούς που έχουν βιώσει προσωπικά την κίνηση εν ώρα κυκλοφοριακής αιχμής, επαληθεύουμε υπολογίζοντας με ένα διαφορετικό τρόπο. Μελετώντας πάλι το διάγραμμα 4.2 παρατηρούμε ότι η μέγιστη κυκλοφορία οχημάτων κατά τη διάρκεια της μέγιστης ζήτησης

ηλεκτρικής ενέργειας είναι 7,3% της καθημερινής ολικής κυκλοφορίας. Μία ώρα δεδομένων είναι η διαθέσιμη θεμελιώδης μονάδα, δεδομένου ότι τα ακατέργαστα στοιχεία κυκλοφορίας είναι στιγμιαίες συγκεντρωτικές αριθμήσεις για διάστημα μιας ώρας. Εντούτοις, για την V2G ισχύ, θέλουμε να ξέρουμε πόσα οχήματα είναι διαθέσιμα οποιαδήποτε στιγμή, και όχι που ένα όχημα ήταν σε λειτουργία προηγουμένως κατά τη διάρκεια μιας συγκεντρωτικής ώρας. Δεδομένου ότι η ανάλυσή μας προεξοφλεί ήδη τη διαθεσιμότητα από την κατάσταση φόρτισης (ή από τα καύσιμα που απομένουν), ο βασικός υπολογισμός διαθεσιμότητάς μας δεν επηρεάζεται από το αν αντλούμε ισχύ από ένα όχημα στις 17:00-17:30 και από ένα άλλο στις 17:30-18:00. Κατά συνέπεια, δεδομένου ότι υποθέτουμε πως το μέσο μετακινούμενο όχημα είναι στο δρόμο μόνο μισή ώρα ανά δρομολόγιο, το μέσο όχημα που κινείται εν ώρα κυκλοφορίας είναι στο δρόμο μόνο για το μισό εκείνης της ώρας. Υποθέτοντας πάλι ότι το όχημα είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο όταν δεν οδηγείτε, αυτό σημαίνει πως στην πραγματικότητα υπάρχει ένα 3,7% (το μισό του 7,3%) των οχημάτων που οδηγούνται και είναι μη διαθέσιμα να παρέχουν ισχύ στο δίκτυο οποιαδήποτε στιγμή, ακόμη και κατά τη διάρκεια της κυκλοφοριακής αιχμής. Οι υπόλοιπες ώρες με υψηλή κυκλοφοριακή κίνηση, 7,0% -7,2% της καθημερινής κίνησης θα είχαν χαμηλότερα ποσοστά μη διαθέσιμων οχημάτων. Το σημαντικό εννοιολογικό στοιχείο είναι πως παρόλο που το 21,5% των οχημάτων μπορεί να είναι στο δρόμο μεταξύ των ωρών 15:00-18:00, σε καμία στιγμή θα είναι στο δρόμο πάνω από το 3,7% από αυτά. Με αυτή τη μέθοδο λοιπόν υπολογίζουμε 96,3% διαθεσιμότητα κατά τη διάρκεια της έντονης κυκλοφοριακής ροής, επιβεβαιώνοντας έτσι τον προηγούμενο υπολογισμό μας από τα στοιχεία κυκλοφορίας.

➤ **3^η μέθοδος υπολογισμού διαθεσιμότητας**

Η τρίτη μέθοδος προσθέτει ένα επιπλέον φιλτράρισμα στον παραπάνω υπολογισμό και παρέχει μια πιο εξειδικευμένη ανάλυση. Αυτός ο υπολογισμός περιλαμβάνει τις στάσεις στις ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ της εργασίας και του σπιτιού, οι οποίες μπορεί να προκύψουν ως ένας συνδυασμός της αρχικής μετακίνησης με άλλες μετακινήσεις. Ξέρουμε ότι σχεδόν οι μισές προσωπικές μετακινήσεις είναι για οικογενειακές ή προσωπικές δουλειές, όπως ψώνια, διάφορα θελήματα ή μετακινήσεις διαφόρων προσώπων. Όταν αυτές οι μετακινήσεις συνδυάζονται με μία απλή μετακίνηση, τότε αποτελούν ενδιάμεσους προορισμούς όπου το όχημα σταθμεύει για λίγο αλλά πιθανώς δε συνδέεται στο δίκτυο. Επομένως, πρέπει να προσθέσουμε τη συνολική διάρκεια των ενδιάμεσων αυτών στάσεων στη συνολική ώρα οδήγησης για να πάρουμε το συνολικό χρόνο που το όχημα είναι μη διαθέσιμο για σύνδεση στο δίκτυο. Δεδομένου ότι εστίασαμε ενδεχομένως στην «περιπετειώδη» μετακίνηση από την εργασία στο σπίτι (15:00-18:00) που εκτιμήθηκε στη μισή ώρα, και υπολογίζουμε ότι κατά μέσο όρο η συνολική ώρα των ενδιάμεσων στάσεων είναι 15 λεπτά, τότε η συνολική απογευματινή ώρα που το όχημα δεν είναι διαθέσιμο για σύνδεση στο δίκτυο είναι 45 λεπτά. Αναλογικά με τον προηγούμενο υπολογισμό που παρουσιάσαμε, υπολογίζουμε το ποσοστό των μη διαθέσιμων οχημάτων για σύνδεση με το δίκτυο κατά τις ώρες αιχμής στο 5,5% ή αντιστρόφως ότι το 94,5% των οχημάτων είναι διαθέσιμα να τροφοδοτήσουν το δίκτυο κατά την περίοδο κυκλοφοριακής αιχμής.

Ο τρίτος υπολογισμός, που προσθέτει μία στάση χωρίς σύνδεση στο δίκτυο στη μετακίνηση επιστροφής, προσφέρει επίσης μία εξειδικευμένη ανάλυση. Αυτή είναι, ακόμη και αν κάνουμε τις χειρότερες υποθέσεις,

ότι όλα τα οχήματα σταματούν για επιπλέον 15 λεπτά στο δρόμο τους για το σπίτι χωρίς να συνδέονται στο δίκτυο, αυξάνοντας τη μη διαθεσιμότητα του στόλου κατά 50% - η καθαρή επίδραση είναι πως θα αλλάξει η διαθεσιμότητα του στόλου από 96,3% σε 94,5%. Από πρακτικής απόψεως, το περαιτέρω φιλτράρισμα αυτής της ανάλυσης είναι απίθανο να επηρεάσει σημαντικά τον υπολογισμένο χρόνο διαθεσιμότητας. Η παραπάνω ανάλυση του προστιθέμενου χρόνου για στάσεις παρέχει έναν ποσοτικό οδηγό για την ευαισθησία των συμπερασμάτων μας στις υποθέσεις μας. Παραδείγματος χάριν, χρησιμοποιούμε έναν εθνικό μέσο αριθμό της μιας ώρας οδήγησης ανά ημέρα, ενώ στην Αθήνα θα μπορούσε να είναι κάπως μεγαλύτερος. Αλλά η παραπάνω εξειδικευμένη ανάλυση μιας στάσης στο δρόμο για το σπίτι δείχνει πως οι μεγάλες αλλαγές ποσοστών (από τα 30 στα 45 λεπτά) έχουν πολύ μικρό αποτέλεσμα στους ποσοστιαίους αριθμούς διαθεσιμότητας. Ομοίως δεν χρειάζεται να διεξάγουμε μια ξεχωριστή ανάλυση για διαφορετικές ώρες ζήτησης ισχύος αιχμής για διαφορετικές περιοχές, αφού έχουμε ήδη υπολογίσει διαθεσιμότητα για τη χειρότερη ώρα οδήγησης. Κατά συνέπεια, θα υποθέσουμε πως η ηλεκτρική ισχύς χρειάζεται κατά την απογευματινή αιχμή οχημάτων, τη χειρότερη ώρα για διαθεσιμότητα οχημάτων, γνωρίζοντας ότι οποιαδήποτε μετατόπιση στον ακριβή χρόνο της μέγιστης ηλεκτρικής ανάγκης θα αυξήσει τη διαθεσιμότητα μόνο κατά ένα μικρό ποσοστό και μπορεί να μη ληφθεί υπόψη.

Συμπερασματικά, οι τρεις μέθοδοι παραπάνω παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα : 92%, 96,3% και 94,5%. Εκτιμούμε ότι μεταξύ του 92% και 95% των οχημάτων είναι διαθέσιμα για V2G ισχύ, ακόμη και κατά την απογευματινή κυκλοφοριακή αιχμή.

Ο ταυτοχρονισμός του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής και της απογευματινής κυκλοφοριακής αιχμής προκάλεσαν ανησυχία για τη μη διαθεσιμότητα των οχημάτων για V2G ισχύ όταν αυτή απαιτείται. Η παραπάνω ανάλυση δείχνει πως ότι παρόλο που το ηλεκτρικό φορτίο και η οδική κυκλοφορία έχουν παρόμοια ωριαία σχεδιαγράμματα, δεν είναι απαραίτητη η σύνδεση των οχημάτων στο δίκτυο εκείνες τις ώρες καθώς η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματός μας υπερκαλύπτει τις ανάγκες.

Συνεπώς, η χρήση των EDVs θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των σταθμών που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα (κυρίως φυσικό αέριο και πετρέλαιο) και να συμβάλουν έτσι στον περιορισμό των δαπανών της εταιρίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα την μείωση της αγοράς της παραγόμενης κιλοβατώρας από τους καταναλωτές ενώ παράλληλα η χρήση τους θα συντελούσε στη μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος αλλά και στην εξοικονόμηση του ορυκτού πλούτου .

4.3 Κορεσμός της αγοράς για V2G ισχύ

Εδώ θα υπολογίσουμε το μέγεθος του προβλεπόμενου στόλου EDVs για τον οποίο προκύπτει κορεσμός της καθεμιάς αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Εικάζουμε πως η ηλεκτρική αγορά θα συνεχίσει να αγοράζει τις τωρινές ποσότητες στις ίδιες τιμές. Αυτό στην πραγματικότητα δεν είναι ακριβώς ρεαλιστικό, καθώς περιμένουμε η V2G ισχύς να προκαλέσει μείωση των τιμών και βελτίωση της ποιότητας για τις Υπηρεσίες Ρύθμισης (ή Επικουρικές Υπηρεσίες).

Θα υπολογίσουμε το σημείο κορεσμού για τις τρεις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας που μας ενδιαφέρουν: Ισχύς αιχμής, Στρεφόμενη εφεδρεία και Ρύθμιση. Ξεκινάμε από την αγορά Ρύθμισης, που είναι και η περισσότερο υποσχόμενη.

Αγορά Ρύθμισης (Επικουρικές Υπηρεσίες)

Τα πακέτα των επικουρικών υπηρεσιών διαμορφώνονται σε ωριαία και ημερήσια βάση και η ισχύς για Ρύθμιση συνήθως κυμαίνεται για την Ελλάδα από 200 μέχρι 400 MW. Συνήθως αφορά το 5-10% του προβλεπόμενου ημερήσιου φορτίου, οπότε μπορεί να πρόκειται για ποσά ισχύος περί τα 1000 MW.

- Θα θεωρήσουμε πως η Ρύθμιση απαιτεί κατά μέσο όρο 250 MW, με διακυμάνσεις μέχρι τα 400 MW.
- Σαν διαθεσιμότητα του EDV στόλου παίρνουμε το χαμηλότερο ποσοστό που προέκυψε από την παραπάνω υποενότητα 92%
- Για ένα μέσο όχημα, θεωρώντας τόσο υβριδικά plug-in όσο και το μέσο ηλεκτροκίνητο στην ίδια αναλογία η μέση ισχύς θα είναι :
 $(8+18) / 2 = 13 \text{ kW}$.
- Λόγω του περιορισμού που εισάγει η διαθεσιμότητα 92%, το μέσο όχημα του ηλεκτροκίνητου στόλου ισοδυναμεί με : **$13 * 0,92 = 11,96 \text{ kW}$**
- Για 250 MW, για Ρύθμιση $\Rightarrow 250 / 0,00851 = 29.278$ οχήματα

- Ενώ για 400 MW, για Ρύθμιση => $400 / 0,00851 = 47.003$ οχήματα
- Λαμβάνοντας όμως υπόψη μας πως τα μισά από αυτά τα οχήματα είτε δεν θα βρίσκονται κοντά σε κατάλληλο σταθμό, είτε οι ιδιοκτήτες τους δεν θα επιθυμούν την εκφόρτιση ή δεν θα συμπεριφέρονται ως V2G, αυτό τελικά σημαίνει μέγιστο αριθμό οχημάτων που θα προκαλέσουν κορεσμό της αγοράς **περίπου 90.000 οχήματα**
- Ο αριθμός αυτός που προκύπτει είναι μεγαλύτερος του συνολικού αριθμού οχημάτων που υπολογίζει το ρεαλιστικό σενάριο για το 2020 για τη χώρα μας και σημαντικά μικρότερος από την πιο αισιόδοξη πρόβλεψη συνολικού αριθμού οχημάτων ηλεκτροκίνητων με συσσωρευτή.

Αγορά Στρεφόμενης Εφεδρείας

Οι ανάγκες σε στρεφόμενη εφεδρεία υπολογίζονται στο 10% της συνολικής ζήτησης οπότε είναι πολύ περισσότερο μεταβλητές σε σχέση με τις ανάγκες Ρύθμισης.

- Θεωρούμε μέση διακύμανση 180-650 MW για στρεφόμενη εφεδρεία
- Διαθεσιμότητα 92%
- Το μέσο όχημα υπολογίζεται ως ισχύς 11,96 kW όπως και προηγουμένως
- Προκύπτει οπότε αγορά που ικανοποιείται με το μέγιστο αριθμό των 54.350 οχημάτων.

- Θεωρώντας όπως και πριν τα μισά αυτών διαθέσιμα, προκύπτει ένα προσεγγιστικό μέγεθος της τάξης των **105.000 οχημάτων**.

Αγορά Ισχύος Αιχμής

Όπως θα δούμε και στη συνέχεια η αγορά αιχμής δεν είναι ιδιαίτερα αξιοποιήσιμη για τα οχήματα συσσωρευτή., θα τη συνυπολογίσουμε όμως καθώς βρίσκουν σε αυτή εφαρμογή άλλες κατηγορίες εναλλακτικών ηλεκτροκίνητων οχημάτων.

- Εξυπηρέτηση του 1/5 της ισχύος αιχμής, ήτοι $9 \text{ GW}/5 = 1,8 \text{ GW}$
- Αναφερόμαστε σε οχήματα 18 kW
- Διαθεσιμότητα 92%, άρα μέσο όχημα 16,56 kW
- προκύπτουν οπότε $\Rightarrow 1.800.000 / 16,56 = 108.700$ οχήματα
- Θεωρώντας διαθέσιμα για V2G τα μισά αυτών \Rightarrow **215.000 αυτοκίνητα περίπου**.

Συμπέρασμα

Συνολικά μπορούμε να μιλάμε για μια αγορά $215.000 + 105.000 + 90.000 = 410.000$ οχημάτων, σημαντικά μεγαλύτερη του ποσοστού που προβλέπει το πλέον αισιόδοξο σενάριο υπολογισμού μελλοντικού ηλεκτροκίνητου στόλου οχημάτων για τη χώρα μας.

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ”

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτύξουμε τις σχέσεις για τον υπολογισμό της ηλεκτρικής ισχύος εξόδου των ηλεκτρικών οχημάτων και το κόστος τη παρεχόμενης ισχύος στο δίκτυο. Από μελέτες που έχουν γίνει, έχουν αποδειχθεί γενικοί τύποι οι οποίοι προσδιορίζουν τη ποσότητα της ισχύος για καθένα από τους τύπους οχημάτων όπως ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας, οχήματα κυψελών καυσίμων και υβριδικά οχήματα. Υπολογίζουμε επίσης τις ετήσιες δαπάνες του κεφαλαίου, του επιπλέον εξοπλισμού που απαιτείται να εγκατασταθεί στο όχημα για την παροχή ισχύος στο δίκτυο για την εφαρμογή του συστήματος V2G. Στο πρώτο μέρος αυτού του κεφαλαίου υπολογίζονται τα μεγέθη που απαιτούνται για την ανάλυση του συστήματος V2G, οι γενικές σχέσεις που περιγράφουν τα μεγέθη αυτά καθώς και οι μέθοδοι υπολογισμού τους.

5.1 Μεγέθη και μέθοδοι υπολογισμού

A.1 Ηλεκτρική ισχύς οχημάτων ηλεκτρικής κίνησης.

Αρχικά θα πρέπει να προσδιορίσουμε την ηλεκτρική ισχύ (σε KW) που πρέπει να διαθέτουν τα οχήματα και να είναι διαθέσιμη να παρέχουν στο δίκτυο στα πλαίσια του συστήματος V2G ή σε ένα εξωτερικό διαχειριστή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ισχύς αυτή είναι συνάρτηση της ενέργειας που αποθηκεύεται στο όχημα, της χρονικής διάρκειας που η ισχύς αυτή θα απαιτηθεί από το διαχειριστή ελέγχου του δικτύου και την ισχύ που χρειάζεται ο οδηγός προκειμένου να μετακινήσει το όχημα του.

Η ηλεκτρική ισχύ που μπορεί να παρέχει ένα οχήματος στο δίκτυο υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση:

$$PC = \frac{(ES - (DD + RB) \times Eff_{veh}) \times Eff_{inv}}{DH} \quad (5.1)$$

Όπου : PC είναι η ισχύ που μπορεί να διαθέσει το όχημα στο δίκτυο σε KW.

ES: είναι η συνολική ενέργεια που μπορεί να αποθηκευτεί στο όχημα σε KWh.

DD: είναι η διανυθείσα απόσταση του οχήματος σε km (εφόσον η αποθηκευμένη ενέργεια είναι μέγιστη).

RB: είναι η επιπλέον απόσταση που απαιτεί να διανύσει ο οδηγός σε km.

Eff_{veh}: είναι η ενεργειακή απόδοση του οχήματος σε KWh/ km.

Eff_{inv}: είναι ο βαθμός απόδοσης του μετατροπέα και των άλλων ηλεκτρονικών ισχύος του οχήματος.

DH: είναι ο χρόνος εκφόρτισης και μετριέται σε ώρες.

Ορισμένες από τις τιμές των μεγεθών που υπεισέρχονται στην σχέση 5.1 καθορίζονται από τον κάθε τύπο οχήματος που χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια για την κίνησή του. Για παράδειγμα είναι διαφορετικές οι τιμές για ένα όχημα που κινείται με την αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια των μπαταριών του από ένα όχημα που χρησιμοποιεί για την κίνησή του κυψέλες καυσίμου.

Η τιμή που λαμβάνει το μέγεθος DD εκφράζει την μέση ημερήσια απόσταση που διανύει ο οδηγός (σε km) για να πάει στην εργασία του. Η απόσταση αυτή από μελέτες έχει προσδιοριστεί ότι είναι τα 20 km. Για τον υπολογισμό της μέσης ημερήσιας απόστασης θεωρούμε το χρονικό διάστημα μιας ολόκληρης εβδομάδος που περιλαμβάνει καθημερινές και σαββατοκύριακο. Υποθέτουμε για τους υπολογισμούς αυτούς ότι κατά μέσο όρο το μισό της μέσης ημερήσιας απόστασης που θα διανύει το όχημα θα έχουν εξαντληθεί όταν το όχημα είναι σταθμευμένο και απαιτείται ένα μέρος της ενέργειας του από το δίκτυο. Η τιμή αυτή μπορεί να αλλάξει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά οδήγησης του οδηγού, τον τύπο του οχήματος και το σχεδιασμό του οδηγού για την ποσότητα της παρεχόμενης ενέργειας στο δίκτυο .

Η μεταβλητή RB καθορίζεται από τις οδηγικές απαιτήσεις του ιδιοκτήτη του οχήματος και αναφέρεται στην ελάχιστη απόσταση που απαιτεί ο οδηγός για την μετακίνηση του ή για μία έκτακτη μετακίνηση (π.χ. για να πάει στο νοσοκομείο). Από στατιστικά στοιχεία προκύπτει ότι η απόσταση αυτή είναι μεταξύ 10 km και 30 km.

Ο αριθμός των ωρών εκφόρτισης (DH) εξαρτάται από τις ανάγκες της εταιρείας διαχείρισης του δικτύου σε ηλεκτρική ενέργεια . Δηλαδή αν απαιτείται από το δίκτυο η μέγιστη ισχύ ή αν χρειάζεται η εταιρεία διαχείρισης της ενέργειας στρεφόμενες εφεδρείες . Για απαίτηση μέγιστης ισχύος οι αξιόπιστες τιμές που παίρνει το DH είναι 1h , 2h ή 4h. Για τις στρεφόμενες εφεδρείες η ισχύς σπάνια απαιτείται να δίνεται για περισσότερο από μισή ώρα , ενώ για ρύθμιση τα 15 λεπτά είναι αρκετά .

Η ποσότητα της αποδιδόμενης ισχύος στο δίκτυο (PC) που υπολογίζεται από την σχέση (5.1) εξαρτάται από την αποθηκευμένη ενέργεια του οχήματος και το χρόνο που αυτή διατίθεται .

Δύο επιπλέον στοιχεία που περιορίζουν την ισχύ εξόδου του οχήματος , όπως αυτή υπολογίζεται από την προηγούμενη σχέση (5.1) , είναι η ονομαστικής ισχύς των εσωτερικών συστημάτων του οχήματος και τα στοιχεία σύνδεσης του οχήματος με το δίκτυο. Αυτά θέτουν φυσικά όρια όπως είναι το μέγεθος του καλωδίου σύνδεσης , η αναπτυσσόμενη θερμότητα από τα ηλεκτρονικά ισχύος , οι διακόπτες κλπ.

Η πραγματική ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχει το όχημα στο δίκτυο είναι το ελάχιστο των τριών τιμών: πρώτον της τιμής της ηλεκτρικής ισχύος (PC) που δίνεται από τη σχέση (5.1), δεύτερον του εξοπλισμού σύνδεσης του οχήματος με το δίκτυο και τρίτον της μέγιστης ισχύος του κινητήρα του οχήματος.

Για την ισχύ αιχμής και για τις στρεφόμενες εφεδρείες η ηλεκτρική ισχύς είναι περιοριστικός παράγοντας. Αντίθετα στην περίπτωση της ρύθμισης ο χρόνος εκφόρτισης είναι πολύ μικρός επομένως η ηλεκτρική ισχύς (PC) επιβάλλει μερικούς περιορισμούς με αποτέλεσμα η ρύθμιση να περιορίζεται από την ικανότητα των γραμμών σύνδεσης.

A.2. Κόστος της παρεχόμενης ισχύος στο δίκτυο από οχήματα ηλεκτρικής κίνησης

Η παρακάτω σχέση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του κόστους της παρεχόμενης ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο (σε €/KWh), για τον ιδιοκτήτη του οχήματος .

$$\text{Η σχέση είναι:} \quad C_E = C_{PE} + C_D \quad (5.2)$$

Το C_E περιλαμβάνει το κόστος της ενέργειας που αγοράζει ο ιδιοκτήτης και το κόστος της υποβάθμισης του εξοπλισμού (λόγω φθοράς), σε €/KWh.

Το C_{PE} είναι το κόστος της ενέργειας που αγοράζει ο ιδιοκτήτης του οχήματος σε €/KWh .

Το C_{PE} μπορεί να είναι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την επαναφόρτιση των μπαταριών ή το κόστος του υδρογόνου ή του φυσικού αερίου ή της βενζίνης ανάλογα με τον τύπο του οχήματος που διαθέτει ο ιδιοκτήτης. Επίσης μπορεί να συμπεριλάβει το κόστος των απωλειών λόγω της μετατροπής της ενέργειας .

Το C_D εκφράζει το κόστος που οφείλεται στην φθορά - υποβάθμιση του εξοπλισμού λόγω της συνεχούς χρήσης του για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μετριέται σε €/KWh.

Όπως θα δούμε παρακάτω όταν οι μπαταρίες των οχημάτων εκφορτίζονται συχνά το κόστος C_D αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κόστους C_E διότι εξ' αιτίας των συχνών εκφορτίσεων του συσσωρευτή μειώνεται περισσότερο η διάρκεια ζωής του.

Το άλλο τμήμα του κόστους της παρεχόμενης ενέργειας στο δίκτυο είναι το C_{AC} , δηλαδή το ετήσιο κόστος κεφαλαίου για κάθε επιπρόσθετο εξοπλισμό. Ένας τρόπος για να υπολογίσουμε το ποσό αυτό είναι να πολλαπλασιάσουμε το κόστος του κεφαλαίου με τον συντελεστή ανάκτησης κεφαλαίου (CRF), όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω σχέση:

$$C_{AC}=C_C*CRF= C_C* (d)/(1-(1+d)^{-n}) \quad (5.3)$$

Όπου C_C είναι το κόστος κεφαλαίου σε ευρώ, το d είναι η τιμή του επιτοκίου δανεισμού και n είναι η χρονική διάρκεια αποπληρωμής του δανείου σε έτη.

5.2 Ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας

Ένα ηλεκτρικό όχημα, που αναφέρεται επίσης ως ένα ηλεκτρικό όχημα κίνησης, χρησιμοποιεί ένα ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες (κινητήρες έλξης) για την προώθηση του. Υπάρχουν τρεις τύποι ηλεκτρικών οχημάτων:

1) Ηλεκτρικά οχήματα που τροφοδοτούνται άμεσα από εξωτερικό

σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (τρόλεϊ, ηλεκτρικά τραίνα).

2) Τα οχήματα που κινούνται με ηλεκτρική ενέργεια που έχει αποθηκευτεί αρχικά στο όχημα από μια εξωτερική πηγή ενέργειας.

3) Τα οχήματα που κινούνται τροφοδοτούμενα από μια ενσωματωμένη ηλεκτρική γεννήτρια που κινείται από ένα κινητήρα

εσωτερικής καύσης (υβριδικό ηλεκτρικό όχημα) ή από μια κυψέλη καυσίμου υδρογόνου.

Κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών ανανεώθηκε το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά οχήματα λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που δημιουργεί η χρήση ορυκτών καυσίμων αλλά και της μείωσης των αποθεμάτων του πετρελαίου. Τα ηλεκτρικά οχήματα διαφέρουν από τα οχήματα που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα επειδή η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιούν μπορεί να παραχθεί είτε από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε από τα ορυκτά καύσιμα.

Θα χρησιμοποιήσουμε στη μελέτη μας ως ηλεκτρικό όχημα, το Honda EV Plus. Αυτό ήταν το πρώτο ηλεκτρικό όχημα της αυτοκινητοβιομηχανίας Honda που δε χρησιμοποίησε μπαταρία μολύβδου-οξέος. Είχαν κατασκευασθεί και πουληθεί 340 τέτοια οχήματα . Το 1999 αποσύρθηκε από την παραγωγή, όταν η Honda ανακοίνωσε την κυκλοφορία του πρώτου υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος το Honda Insight. Το EV Plus κατασκευάστηκε για να καλύψει την νομοθεσία της πολιτείας της Καλιφόρνιας για οχήματα μηδενικών ρύπων. Χρησιμοποιήθηκε ως πεδίο δοκιμών για τον κινητήρα, για την ηλεκτρική μονάδα ελέγχου, για την μονάδα ελέγχου ισχύος και για τον συσσωρευτή νικελίου-υβριδίου μετάλλου (NiMH). Αυτή η μπαταρία χρησιμοποιήθηκε αργότερα στα υβριδικά οχήματα της Honda και αναπτύχθηκε ακόμη περισσότερο όταν κατασκευάστηκε το πρώτο όχημα κυψελών καυσίμου της Honda το FCX Clarity. Το EV Plus διέθετε υποδοχή τύπου AVCON για ηλεκτρική σύνδεση και φόρτιση της μπαταρίας του. Μετά τη χρήση τους μερικά από τα EV Plus χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για την ανάπτυξη των πρώτων οχημάτων υδρογόνου της Honda με κυψέλες καυσίμου.

Πίνακας 5.1

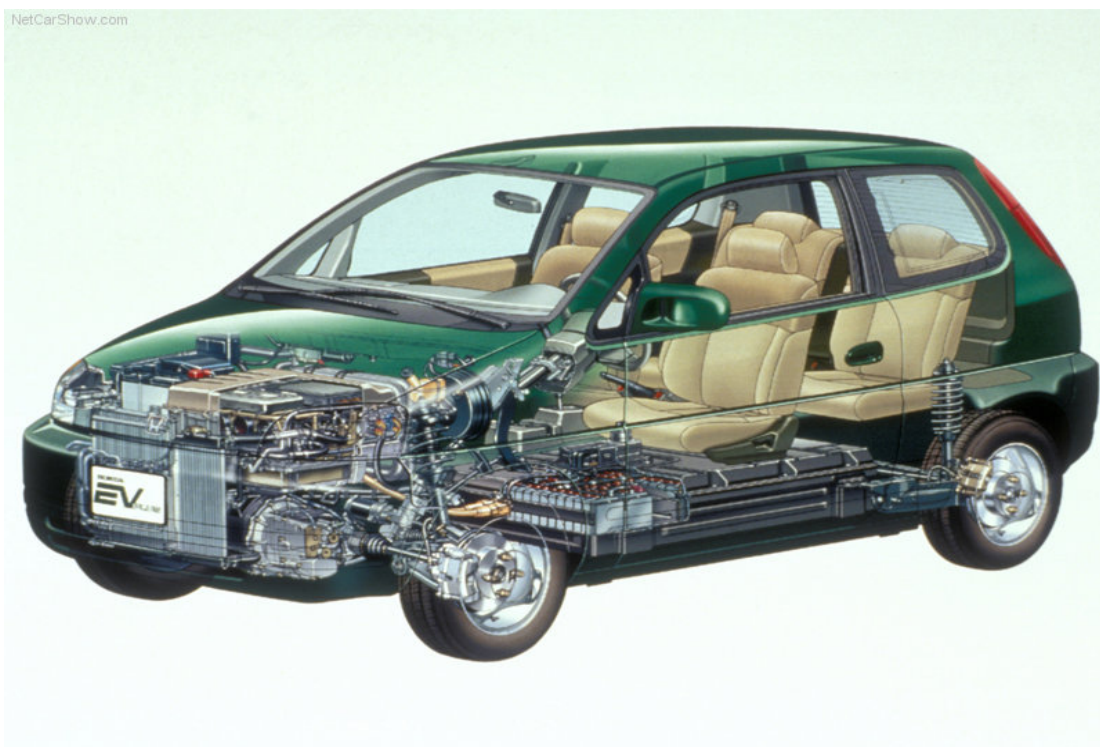
Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρικού οχήματος
μπαταρίας.

Χαρακτηριστικά οχήματος	Honda EV plus
Τύπος μπαταρίας	NiMH, 95Ah, 24στοιχεία , 12V
Αποθηκευμένη ενέργεια (KWh)	27.4
Μέγιστο βάθος εκφόρτισης μπαταρίας (%)	90
Μέγιστη ισχύ κινητήρα (KW)	49
Eff_{veh} (Wh/km)	130-220 ^a
Βαθμός Απόδοσης (%) (δίκτυο – μπαταρία – δίκτυο)	72 (93*83*93)
Μέγιστη διανυθείσα απόσταση (km)	50-65
Αριθμός επαναφορτίσεων (σε κύκλους) ^b	1000
Χρόνος διάρκειας ζωής μπαταρίας (έτη)	5-6
Κόστος μπαταρίας ανά κιλοβατώρα (€/KWh)	390-455
Χρόνος εργασίας αντικατάστασης μπαταρίας (h)	10

^a : Στους υπολογισμούς μας χρησιμοποιούμε μια ενδιάμεση τιμή η οποία είναι $Eff_{veh} = 196 \text{ Wh/km}$

^b : Για βάθος εκφόρτισης 80%

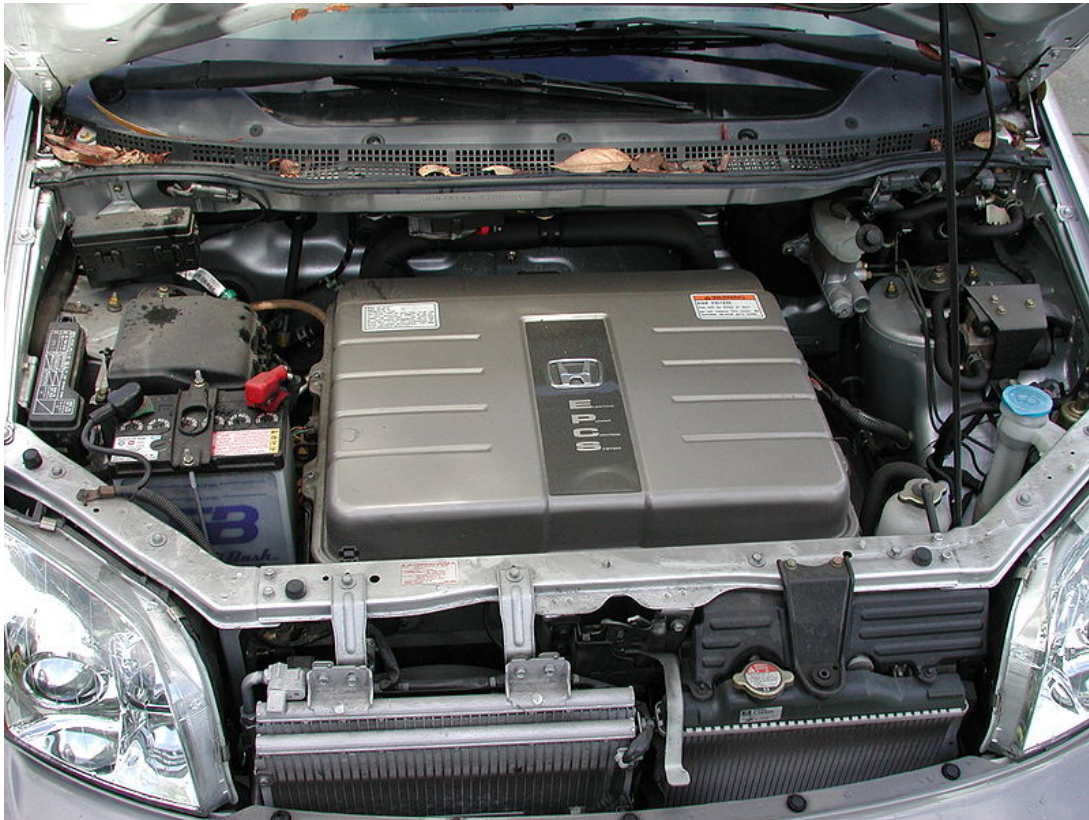
Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες του οχήματος Honda EV Plus.



Εικόνα 5.1 - Honda EV Plus.



Εικόνα 5.2 – Θέση φόρτισης τύπου AVCON.



Εικόνα 5.3 – Χώρος ηλεκτρικού κινητήρα.

Α. Υπολογισμός αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας σε μπαταρία ηλεκτρικού οχήματος

Για τον υπολογισμό της αποθηκευμένης ισχύος στη μπαταρία των ηλεκτρικών οχημάτων, μέσω της σχέσης (5.1) , πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν και το μέγιστο όριο εκφόρτισης της μπαταρίας μέσω ενός συντελεστή DOD.

Ο συντελεστής αυτός δίνεται από τον κατασκευαστή της μπαταρίας και δείχνει το μέγιστο επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισής της . Η υπέρβαση της μέγιστης επιτρεπτής εκφόρτισης της μπαταρίας, θα δημιουργήσει κίνδυνο για τη διάρκεια ζωής της .

Συνεπώς για τις μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων ο όρος ES της

σχέσης (5.1) θα πρέπει να αντικατασταθεί από τον όρο : $ES \cdot DOD$ έτσι ώστε να δείχνει την αποδιδόμενη ενέργεια της μπαταρίας σε KWh .

Η τιμή που δίνεται για τον συντελεστή DOD είναι 0,8 (80 %) .

Για το βαθμό απόδοσης του μετατροπέα (Eff_{inv}) λαμβάνουμε, κατά μέσο όρο , την τιμή 0,93 .

Πίνακας 5.2

Υπολογισμός της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ισχύος μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος , για διαφόρους χρόνους εκφόρτισης και για διάφορες απαιτούμενες αποστάσεις.

Χρόνος εκφόρτισης (h)	Απαιτούμενη απόσταση (km)	Αποθηκευμένη ηλεκτρική ισχύς (KW)
1	10	14,91
1	15	14,00
1	20	13,09
1	30	12,18
2	10	7,45
2	15	7,00
2	20	6,54
2	30	6,09
4	10	3,73
4	15	3,50
4	20	3,27
4	30	3,04

Παρατηρούμε από τα αποτελέσματα των υπολογισμών μας ότι η αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια μειώνεται όσο αυξάνεται ο χρόνος εκφόρτισης και όσο μεγαλώνει η αιτούμενη διανυθείσα απόσταση (RB).

Οι υπολογισμένες τιμές της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας που απεικονίζονται στον πίνακα 5.2 είναι αναμενόμενες για τις περιόδους μέγιστης ισχύος ή στρεφόμενης εφεδρείας . Για περίοδο ρύθμισης ο χρόνος εκφόρτισης είναι πολύ μικρότερος με αποτέλεσμα η αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια να είναι υψηλότερη από τις τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα 5.2

B. Υπολογισμός κόστους της παρεχόμενης ενέργειας στο δίκτυο από ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας.

Μία βασική παράμετρος που καθορίζει την βιωσιμότητα του συστήματος V2G είναι το πόσο κοστίζει στον ιδιοκτήτη του οχήματος η αποθηκευμένη ενέργεια που παρέχει στο δίκτυο .

Το κόστος της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει τόσο το μεταβλητό κόστος , σε € / KWh (C_E στη σχέση 5.2) όσο και το ετήσιο σταθερό κόστος (C_{AC} στη σχέση 5.3) . Το σταθερό κόστος περιλαμβάνει το κόστος του επιπλέον εξοπλισμού που απαιτείται για να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια στο δίκτυο μέσω του συστήματος V2G .

Για την μπαταρία των ηλεκτρικών οχημάτων ένα σημαντικό κόστος προκύπτει από τη φθορά της εξ' αιτίας των συνεχών εκφορτίσεων που μειώνουν την διάρκεια ζωής της . Η χρήση καλής ποιότητας εξοπλισμού μπορεί να μειώσει το παραπάνω κόστος .

Για τον επιπλέον εξοπλισμό των ηλεκτρικών οχημάτων, το ετήσιο κόστος δίνεται από το μέγεθος C_{AC} σύμφωνα με τη σχέση 5.3 και λαμβάνει τιμή 10,58 € ανά έτος , θεωρώντας ως αρχικό κεφάλαιο τα 65 € , με ετήσιο επιτόκιο 10% και για χρόνο αποπληρωμής τα 10 έτη .

Το κόστος της ενέργειας για τον ιδιοκτήτη του οχήματος (C_{PE}) και το κόστος λόγω φθοράς (υποβάθμισης) του εξοπλισμού (C_D), προσδιορίζονται το καθένα από τις επόμενες σχέσεις 5.4 και 5.5 .

$$C_{PE} = C_{el} / \text{Eff} \quad (5.4)$$

$$C_D = ((ES \times C_B) + (C_L \times LH)) / ES_L = ((ES \times C_B) + (C_L \times LH)) / ES \times \text{DOD} \times B_C \quad (5.5)$$

όπου C_{el} είναι το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος για την επαναφόρτιση της μπαταρίας σε €/KWh και Eff είναι η αμφίδρομη ηλεκτρική απόδοση (δίκτυο - μπαταρία - δίκτυο) .

Το ES_L είναι η συνολική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στην μπαταρία κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής της , σε KWh .

Το C_B είναι το κόστος της αντικατάστασης της μπαταρίας σε €/KWh .

Το C_L είναι το κόστος της εργασίας για την αντικατάσταση της μπαταρίας σε €/ h .

Το LH είναι ο χρόνος εργασίας για την αντικατάσταση της μπαταρίας σε ώρες .

Το B_C είναι η διάρκεια ζωής της μπαταρίας σε κύκλους .

Θεωρούμε ότι η αντικατάσταση της μπαταρίας καθορίζεται από τον κύκλο ζωής της και όχι από το συνολικό χρόνο ζωής της .

Για τον υπολογισμό του μεγέθους C_{PE} , από τη σχέση 5.4 , λαμβάνουμε ότι το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας επαναφόρτισης της μπαταρίας C_{el} είναι 0,054 €/KWh με βάση το οικιακό νυχτερινό τιμολόγιο Γ1N της ΔΕΗ.[4] Η τιμή αυτή αντανακλά το χαμηλότερο κόστος παρεχόμενης ισχύος εκτός της ζήτησης αιχμής . Στην περίπτωση που οι τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος αυξηθούν τότε κατά πάσα

πιθανότητα η τιμή για την ισχύ αιχμής θα αυξηθεί περισσότερο από τις τιμές εκτός ζήτησης αιχμής βελτιώνοντας με τον τρόπο αυτό το τελικό αποτέλεσμα των οικονομικών υπολογισμών προς όφελος του ιδιοκτήτη του οχήματος .

Στον πίνακα 5.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών του συνολικού κόστους για τον ιδιοκτήτη ηλεκτρικού οχήματος , της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στο δίκτυο καθώς και την ανάλυσή της στα τμήματα που την συνθέτουν ανά KWh .

Πίνακας 5.3

Ανάλυση του συνολικού κόστους , της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στο δίκτυο για μέγιστη ισχύ ή στρεφόμενες εφεδρείες.¹

Κόστη	Honda EV plus
Συνολικό κόστος ιδιοκτήτη ανά KWh , C_E (€/KWh)	0,555
Κόστος υποβάθμισης μπαταρίας C_D (€/KWh)	0,487 ^α
Κόστος αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας για επαναφόρτισης μπαταρίας C_{el} (€/KWh)	0,054
Κόστος επαναφόρτισης μπαταρίας C_{PE} (€/KWh)	0,068
Ετήσια πάγια έξοδα C_{AC} (€ / χρόνο)	10,58

^α : το κόστος κεφαλαίου της μπαταρίας υπολογίζεται στα 390 €/KWh .

¹ : Το κόστος της αγορασμένης ενέργειας C_{PE} υπολογίζεται στον

πίνακα 5.3 χρησιμοποιώντας μόνο την ηλεκτρική απόδοση μπαταρίας-δικτύου ($Eff = 0,79$) αντί δικτύου-μπαταρίας-δικτύου.

Έτσι προκύπτει το C_{PE} να είναι πολύ μικρότερο από το C_D .

Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.3 το κόστος της υποβάθμισης του εξοπλισμού είναι περισσότερο σημαντικό. Τα κόστη στον πίνακα 5.3 ισχύουν για την χρήση ηλεκτρικών οχημάτων μπαταρίας που παρέχουν ενέργεια σε περιόδους μέγιστης ισχύος ή στρεφόμενης εφεδρείας. Για τον υπολογισμό του κόστους της παρεχόμενης ενέργειας για τις υπηρεσίες ρύθμισης πρέπει να γίνουν τροποποιήσεις.

Ενώ το κόστος της ισχύος (σε €/KWh) για τον ιδιοκτήτη φαίνεται αρχικά ότι είναι υψηλότερο από το κόστος της ισχύος του βασικού φορτίου, πολλές φορές (π.χ. σε περιόδους μέγιστης ζήτησης ισχύος) το κόστος της KWh για την εταιρεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (λόγω της χρήσης μονάδων υψηλού κόστους π.χ. αεροστροβίλους) συχνά συμβαίνει να είναι υψηλότερο από την τιμή κόστους της ενέργειας που παρέχει ο ιδιοκτήτης στο δίκτυο μέσω του συστήματος V2G.

Για τις υπηρεσίες ρύθμισης απαιτούνται δυο τροποποιήσεις στις σχέσεις για το συνολικό κόστος. Τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να συμμετέχουν σε ρύθμιση προς τα κάτω (μείωση της ισχύος εξόδου ή της φόρτισης μπαταρίας) και στην ρύθμιση προς τα πάνω (ώστε να παρέχει ενέργεια στο δίκτυο). Και στις δύο περιπτώσεις δημιουργούνται στον ιδιοκτήτη, για την παροχή αυτής της υπηρεσίας, έσοδα από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας στην εταιρεία διαχείρισης του ηλεκτρικού δικτύου. Ο ιδιοκτήτης του οχήματος δεν πληρώνει για την ενέργεια φόρτισης κατά την διάρκεια της ρύθμιση προς τα κάτω επιβαρύνοντάς

τον μόνο με το κόστος των απωλειών ενέργειας του εξοπλισμού του.

Έτσι η σχέση 5.4 που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του κόστους της αγορασμένης ενέργειας C_{PE} πρέπει να τροποποιηθεί ως εξής :

$$C_{PE} = (1 - Eff) \times C_{el} / Eff \quad (5.6)$$

Όπου ο όρος $1 - Eff$ αντιπροσωπεύει τις απώλειες ενέργειας από το δίκτυο προς την μπαταρία .

Ο άλλος όρος που συμβάλει στο κόστος της ενέργειας (βλέπε σχέση 5.2) είναι το κόστος της φθοράς του εξοπλισμού (C_D), το οποίο θα είναι επίσης διαφορετικό όταν ένα ηλεκτρικό όχημα παρέχει ενέργεια σε κατάσταση ρύθμισης . Το κόστος που οφείλεται στην φθορά της μπαταρίας θα είναι μειωμένο όταν η μπαταρία χρησιμοποιείται για ρύθμιση εξ αιτίας του πολύ χαμηλότερου βάθους εκφόρτισης (DOD), που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των κύκλων ζωής της μπαταρίας . Για τη ρύθμιση υποθέτουμε ότι το C_D είναι το μισό από τις συνήθεις δαπάνες υποβάθμισης ($0,487/2=0,2435$).

Ο επόμενος πίνακας 5.4 παραθέτει το κόστος από τη φθορά της μπαταρίας και το συνολικό κόστος της ενέργειας που παρέχει το ηλεκτρικό όχημα, για ρύθμιση στην βοηθητική αγορά υπηρεσιών . Το κόστος αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας για την επαναφόρτιση της μπαταρίας και το σταθερό ετήσιο κόστος του εξοπλισμού είναι τα ίδια όπως στον προηγούμενο πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.4

Υπολογισμός κόστους της παρεχόμενης ηλεκτρικής ισχύος από ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας στο δίκτυο για ρύθμιση.

Κόστη	Honda EV plus
Συνολικό κόστος ιδιοκτήτη ανά KWh , C_E (€/KWh)	0,2579 ^b
Κόστος υποβάθμισης μπαταρίας C_D (€/KWh)	0,2435 ^a
Κόστος επαναφόρτισης μπαταρίας C_{PE} (€/KWh)	0,0144

^a : το κόστος κεφαλαίου της μπαταρίας υπολογίζεται στα 390 €/ KWh .

^b : Το Eff από τον πίνακα 4.1 αναφέρεται μόνο από το δίκτυο στη μπαταρία .

Συγκρίνοντας το κόστος στον πίνακα 5.3 και 5.4 παρατηρούμε ότι το συνολικό κόστος της ενέργειας για τη ρύθμιση είναι πολύ χαμηλότερο από το συνολικό κόστος της ενέργειας για παροχή στο δίκτυο κατά τις περιόδους μέγιστης ισχύος ή για τις στρεφόμενες εφεδρείες . Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδειχθεί ζωτικής σημασίας για τον καθορισμό των καλύτερων ευκαιριών για τη χρήση του ηλεκτρικού οχήματος στις συγκεκριμένες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας.

5.3 Όχημα Κυψελών Καυσίμου

Από τα τρία είδη οχημάτων που έχουν αναφερθεί μέχρι τώρα, αυτό με την μεγαλύτερη προοπτική ανάπτυξης είναι το όχημα κυψελών καυσίμου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για την λειτουργία του δεν απαιτείται κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, αλλά ούτε και ηλεκτρικής

ενέργειας αντίθετα με τα άλλα δύο οχήματα. Αυτή επιτυγχάνεται μέσω δύο διαδικασιών:

- Με καύσιμο υδρογόνο, που προέρχεται από την ανάμειξη υδρογόνου και ορυκτών καυσίμων, το οποίο μετά αναφλέγεται για την παραγωγή της κινητήριας μορφής ενέργειας. Αυτό γίνεται επειδή το υδρογόνο δεν είναι καύσιμη πηγή ενέργειας, αλλά ενεργειακός φορέας. Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία 20~30% λιγότερων ρύπων υπό μορφή CO₂ ή νιτρικών οξειδίων, σε σχέση με συμβατικά οχήματα.
- Μέσω ανταλλαγής πρωτονίων. Το υδρογόνο διασπάται σε ηλεκτρόνια και πρωτόνια στον καταλύτη της ανόδου. Αυτά αντιδρούν με οξειδωτικά και γίνονται μεμβράνες πρωτονίων. Τα πρωτόνια άγονται στην κάθοδο μέσα από τη μεμβράνη, ενώ τα ηλεκτρόνια οδεύουν σε εξωτερικό κύκλωμα λόγω των μονωτικών ιδιοτήτων της μεμβράνης, παρέχοντας ισχύ. Στον καταλύτη της καθόδου, τα μόρια οξυγόνου αντιδρούν με τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια για τη δημιουργία νερού. Σε αυτή την περίπτωση, τα μόνα κατάλοιπα είναι είτε νερό είτε ατμός.

Το όχημα πρωτοεμφανίστηκε πειραματικά στη δεκαετία του '80, ενώ στην αγορά κυκλοφόρησε στα τέλη της ίδιας δεκαετίας από τη Mazda με τίτλο MX-5 Miata. Η τιμή του ήταν περίπου \$15,000 (\$25,400 σε αντιστοίχιση με τη σημερινή αξία), ενώ το μοντέλο συνεχίζει να εκδίδεται μέχρι σήμερα. Παρόμοια οχήματα έχουν αναπτύξει και άλλες μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες όπως Peugeot, Audi, BMW, Lotus, Ford, Mercedes, Toyota, Mitsubishi, Honda, Hyundai και Fiat. Το πιο

δημοφιλές είναι το μοντέλο Prius της Toyota, με 2.9 εκ. πωλήσεις παγκοσμίως μέχρι τον Οκτώβριο του 2012.

Μολονότι η αγορά δε δείχνει σημάδια μαζικής αποδοχής των «πράσινων» οχημάτων, οι περιοδικές τους πωλήσεις είναι ελπιδοφόρες για τη μελλοντική τους εξάπλωση. Το καταναλωτικό κοινό έχει εντοπίσει κάποια προτερήματα για αυτή την επιλογή:

- Υπάρχει άφθονο υδρογόνο στον πλανήτη και είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.
- Σε μια προσπάθεια προώθησής τους για τη μείωση των συνολικών ρύπων των οχημάτων διεθνώς, ελαχιστοποιήθηκαν οι φορολογικές επιβαρύνσεις κατοχής και κυκλοφορίας τέτοιων οχημάτων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη χώρα μας, όπου η ετήσια συμβολή για το ειδικό σήμα κυκλοφορίας τους είναι μηδαμινό.
- Εκπέμπουν μικρότερες ποσότητες ρύπων στην ατμόσφαιρα, μειώνοντας έτσι τα επίπεδα μόλυνσης του αέρα.
- Δεν απαιτείται καταλύτης στο σύστημα εξαέρωσης, που συνεπάγεται αφαίρεση του υψηλού τους κόστους από την τιμή του τελικού προϊόντος.
- Δεν συνεισφέρουν στο σχηματισμό της όξινης βροχής.
- Παράλληλα μειώνουν την ηχορύπανση, εφόσον δεν χρησιμοποιούν μηχανή εσωτερικής καύσης, βελτιώνοντας το βιοτικό επίπεδο της περιοχής τους.

- Παρά τα πλεονεκτήματά τους, τα οχήματα κυψελών καυσίμου αντιμετωπίζουν μια σειρά από εμπόδια που δικαιολογούν την κριτική που έχουν δεχθεί και τις αμφιβολίες που υπάρχουν για τη μελλοντική τους επιτυχία:
- Έχουν πολύ υψηλό κόστος κατασκευής και μερικοί τύποι είναι επιρρεπείς σε κραδασμούς. Το κόστος ενός Honda FCX Clarity εκτιμάται σε \$300,000 ανά όχημα. Επίσης, ένας μεγάλος αριθμός προτύπων χρησιμοποιούν ακριβά υλικά, όπως λευκόχρυσο, ως καταλύτη ανόδου στην κυψέλη καυσίμου.
- Οι συνθήκες λειτουργίας είναι περιορισμένες σε θερμοκρασίες άνω του μηδενός, διότι το παραγόμενο υδρογόνο υγρής ή αέριας μορφής θα στερεοποιηθεί πέραν αυτού του ορίου, καταλήγοντας σε προβλήματα εκκίνησης του οχήματος.
- Αν και το κόστος συντήρησης εσωκλείεται στο αρχικό κόστος, οι κυψέλες καυσίμου έχουν συγκριθεί με υπάρχουσες μηχανές με χρόνο ζωής άνω των 5,000 ωρών. Ο τρέχων χρόνος συντήρησης είναι ανά 7,300 ώρες.
- Κατά πολλούς, θεωρείται ξεπερασμένη τεχνολογία με βάση τις συνολικές εκπομπές ρύπων αλλά και το κόστος κατασκευής και εμπορευματοποίησης. Η Αμερικανική κυβέρνηση έχει περιορίσει σε μεγάλο βαθμό τα κονδύλια για την ανάπτυξη των οχημάτων με κυψέλες καυσίμου, ανακατευθύνοντας τα σε άλλες τεχνολογίες που θα εξασφαλίσουν μεγαλύτερο οικονομικό και περιβαλλοντικό συμφέρον.

Α. Παραγωγή απ' ευθείας από κυψέλη καυσίμου με ενσωματωμένο στο όχημα συμπιεσμένο υδρογόνο.

Για την ανάλυση των οχημάτων κυψελών καυσίμου χρησιμοποιούμε ένα όχημα κατασκευασμένο από τη Ford το μοντέλο P2000 Prodigy. Το όχημα αυτό περιέχει μια κυψέλη καυσίμου, που τροφοδοτεί ένα όχημα τύπου Sedan, που λειτουργεί με υδρογόνο. Το Ford P2000 Prodigy έχει πολύ μικρό βάρος και μικρό αεροδυναμικό συντελεστή για ακόμη καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Σ' αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούμε την κυψέλη καυσίμου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το νερό και ο ατμός είναι υποπροϊόντα από την κυψέλη καυσίμου και θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να εξασφαλιστεί η απομάκρυνση αυτών των υποπροϊόντων. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οχήματος παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5

Τεχνικά χαρακτηριστικά οχήματος κυψελών καυσίμου.

Τεχνικά χαρακτηριστικά	FORD Prodigy P2000
Μπαταρία (V)	12
Αποθηκευμένη ποσότητα υδρογόνου (kg)	2(4) ^a
Μέγιστη συνεχής ισχύς (KW)	30-40 ^b
Απόδοση συστήματος κυψελών καυσίμου (%)	40-48
Ηλεκτρική Απόδοση (KWh/Kg H ₂)	13.5-16 ^c
Απόδοση μετατροπείας (%)	95
Απόδοση οχήματος (KWh/Km)	0.56
Μέγιστη εμβέλεια οχήματος (Km)	161

a : Τα σημερινά μοντέλα έχουν αποθηκευμένα 2 Kg υδρογόνου, ενώ

στο μέλλον αναμένεται να μπορούν να αποθηκεύσουν 4 Kg υδρογόνου.

b: Μεγαλύτερη χωρητικότητα κυψελών καυσίμου μπορεί να εγκατασταθεί αλλά η θερμική διαχείριση θα μπορούσε να περιορίσει κατά πάσα πιθανότητα την ισχύ εξόδου σε περίπου 40KW ή 30KW για τις ζεστές ημέρες.

c : βασίζεται σε 33.3 KWh/Kg H_2 κατώτερη θερμογόνος τιμή (LHV).

Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες του οχήματος Ford P2000 Prodigy.



Εικόνα 5.4 - FORD P2000 Prodigy



Εικόνα 5.5 - Σύστημα κυψελών καυσίμου οχήματος FORD P2000 Prodigy

A.1. Υπολογισμός παρεχόμενης ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο από όχημα κυψελών καυσίμου με αποθηκευμένο υδρογόνο.

Για τον υπολογισμό της ηλεκτρικής ισχύος, ενός οχήματος κυψελών καυσίμου, απαιτείται αρχικά ο υπολογισμός της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας που ορίζεται από την παρακάτω σχέση (5.7).

$$ES = \text{Eff}_{\text{elec}} * C_{\text{H}_2} \quad (5.7)$$

όπου Eff_{elec} είναι η ηλεκτρική απόδοση σε KWh/Kg H_2 και το C_{H_2} είναι η αποθηκευμένη ποσότητα υδρογόνου σε Kg.

Στον παρακάτω πίνακα 5.6 απεικονίζεται ένα αξιόπιστο εύρος της ηλεκτρικής ισχύος του οχήματος κυψελών καυσίμου. Η ηλεκτρική ισχύς, PC, υπολογίζεται από τη σχέση (5.1), θεωρώντας, την απαιτούμενη από τον οδηγό απόσταση (RB), μεταξύ 10 Km και 30 Km και τις ώρες εκφόρτισης (DH) : 1 h, 2 h και 4 h.

Πίνακας 5.6

Αποθηκευμένη ηλεκτρική ισχύς (PC) οχήματος κυψελών καυσίμου συναρτήσει της απαιτούμενης από τον οδηγό απόσταση (RB) και από τις ώρες εκφόρτισης (DH).

Ώρες εκφόρτισης DH σε (h)	Απαιτούμενη απόσταση RB σε (Km)	Ηλεκτρική ισχύς PC σε (KW)
1	10	50,49
1	20	47,34
1	30	44,19
2	10	25,25
2	20	23,67
2	30	22,10
4	10	12,62
4	20	11,84
4	30	11,05

Για την απλοποίηση των μετέπειτα υπολογισμών χρησιμοποιούμε την αποθηκευμένη ηλεκτρική ισχύ PC ίση με 23,67 KW που προκύπτουν για εκφόρτιση 2h και απαιτούμενης από τον οδηγό απόσταση (RB) να είναι τα 20 Km.

A.2. Υπολογισμός κόστους παρεχόμενης ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο από όχημα κυψελών καυσίμου με αποθηκευμένο υδρογόνο

Ο κύριος παράγοντας που συμβάλει στο κόστος, του ιδιοκτήτη οχήματος κυψελών καυσίμου για την παροχή ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο, είναι το κόστος του υδρογόνου και το κόστος κεφαλαίου για την διασύνδεση που απαιτείται μεταξύ οχήματος και ηλεκτρικού δικτύου για την λειτουργία του συστήματος V2G.

Το κόστος της υποβάθμισης (φθοράς) των κυψελών καυσίμου παραλείπεται σε αυτούς τους υπολογισμούς δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής της κυψέλης καυσίμου αναμένεται τυπικά να είναι μεγαλύτερη από τη ζωή του οχήματος. Οι εκτιμήσεις του κόστους παραγωγής του υδρογόνου σε έναν σταθμό ανεφοδιασμού εξαρτάται από την μέθοδο παραγωγής και την ποσότητα του συστήματος παραγωγής.

Μια εκτίμηση για το εύρος τιμών κόστους είναι από 15,6 €/GJ - 52 €/GJ ανάλογα με την συγκεκριμένη μέθοδο παραγωγής. Αυτό μεταφράζεται σε 2,21 – 7,28 €/Kg υδρογόνου. Η λιγότερη δαπανηρή μέθοδος παραγωγής προτείνεται ότι είναι η αποκεντρωμένη, τοπική αναμόρφωση μεθανίου από αγωγό φυσικού αερίου. Μία άλλη μελέτη συνιστά επίσης τοπικές αναμορφώσεις μεθανίου σαν τις λιγότερο δαπανηρές, με κόστος που κυμαίνεται από 1,69 €/Kg υδρογόνου έως 4,03 €/Kg υδρογόνου όπου το μικρότερο κόστος αντιστοιχεί σε 1000 σταθμούς που εξυπηρετούν 1000 οχήματα κυψελών καυσίμου και το υψηλότερο σε 100 σταθμούς που εξυπηρετούν 50 οχήματα κυψελών καυσίμου. Η τιμή του φυσικού αερίου που περιλαμβάνεται σε αυτό το κόστος εκτιμάται ότι είναι 4,92 €/GJ. Εναλλακτικά υδρογόνο μπορεί να

παραχθεί χρησιμοποιώντας τοπικούς ηλεκτρολύτες με εκτιμώμενο κόστος μεταξύ 3,9 €/Kg υδρογόνου και 5,46 €/Kg υδρογόνου.

Με βάση αυτές τις μελέτες, θα χρησιμοποιήσουμε στους υπολογισμούς μας, ένα εύρος τιμών μεταξύ 1.69 €/Kg υδρογόνου και 7,28 €/Kg υδρογόνου. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το όχημα κυψελών καυσίμου μπορεί να υπολογισθεί από την σχέση (5.2), η οποία για την περίπτωση του οχήματος κυψελών καυσίμου τροποποιείται στη σχέση (5.8).

$$C_E = C_{PE} / \text{Eff}_{\text{elec}} \quad (5.8)$$

όπου το C_{PE} είναι το κόστος του υδρογόνου σε €/Kg και το Eff_{elec} είναι η ηλεκτρική απόδοση του οχήματος κυψελών καυσίμου σε KWh/Kg υδρογόνου (μια ενδιάμεση τιμή είναι η 14.5 KWh/Kg υδρογόνου).

Με το κόστος του υδρογόνου σε 1.69 €/Kg η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το όχημα θα είναι 0.1165 €/KWh και με κόστος υδρογόνου 7,28 €/Kg η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το όχημα θα είναι 0.502 €/KWh. Η τιμή αυτή κρίνεται ικανοποιητική συγκρινόμενη με την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας (€/KWh) όπου η τιμή της προσδιορίζεται κατά κύριο λόγο από το κόστος υποβάθμισης της μπαταρίας. Στην περίπτωση του οχήματος κυψελών καυσίμου η τιμή της ισχύος εξόδου αρχικά καθορίζεται από το κόστος του υδρογόνου σύμφωνα με την ισχύουσα παραδοχή ότι η υποβάθμιση του εξοπλισμού του οχήματος κυψελών καυσίμου δεν είναι σημαντική.

Κατά τον προσδιορισμό του κόστους, για τον ιδιοκτήτη της παρεχόμενης ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο, θα πρέπει να περιλαμβάνεται το κόστος κεφαλαίου του επιπλέον εξοπλισμού που είναι αναγκαίος για να επιτραπεί η λειτουργία του συστήματος V2G. Ο εξοπλισμός αυτός περιλαμβάνει μια ηλεκτρική συσκευή μέτρησης μαζί με άλλα κατάλληλα εξαρτήματα, με συνολικό εκτιμώμενο κόστος 65 €, έναν αμφίδρομο φορτιστή, επί του οχήματος, με εκτιμώμενο κόστος τα 650 €, ένα αγωγίμο φορτιστή των 20 KW στο χώρο στάθμευσης ή στο σπίτι με εκτιμώμενο κόστος τα 2600 € και επιπλέον 1300 € για το κόστος εργασίας. Συνοψίζοντας τα ποσά αυτά, το συνολικό κόστος κεφαλαίου για ένα όχημα κυψελών καυσίμου είναι τα 4615 €. Από το ποσό αυτό υπολογίζεται το ετήσιο κόστος κεφαλαίου, σύμφωνα με την σχέση (5.3) με επιτόκιο $d=10\%$ και για $n=10$ χρόνια, ότι είναι 751,07 €/χρόνο.

Το κόστος, για τον ιδιοκτήτη του οχήματος για την παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο, προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας την σχέση (5.8) και τα αποτελέσματα παρατίθενται στον Πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7

Κόστος ανά KWh και ετήσιο κόστος κεφαλαίου, για τον ιδιοκτήτη οχήματος, για την παρεχόμενη ισχύ στο δίκτυο από το Ford P2000 Prodigy με αποθηκευμένο υδρογόνο για δυο διαφορετικά κόστη υδρογόνου.

Κόστη	Κόστος του H ₂ 1,69 (€/Kg H ₂)	Κόστος του H ₂ 7,28 (€/Kg H ₂)
C _E (€/KWh)	0,1165	0,502
C _{AC} (€/year)	751,07	751,07

Το κόστος για την παροχή ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο από όχημα κυψελών καυσίμου με αποθηκευμένο υδρογόνο, καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος του υδρογόνου. Το ετήσιο κόστος κεφαλαίου, για τον ιδιοκτήτη του οχήματος για παροχή ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο, είναι 751,07 € είναι υψηλότερο από εκείνο για την παροχή ηλεκτρικής ισχύος από το ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι το ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας έχει αρκετά ηλεκτρονικά ισχύος και έτσι πλεονεκτεί από το γεγονός ότι απαιτούν μικρότερο κόστος υποδομής ώστε να μεταφέρουν την ηλεκτρική ισχύ πίσω στον δίκτυο, όταν αυτή απαιτείται.

5.4 Παραγωγή από όχημα κυψελών καυσίμου που συνδέεται με ένα σταθερό αναμορφωτή

Αντί το όχημα να χρησιμοποιεί αποθηκευμένο υδρογόνο, το όχημα κυψελών καυσίμου θα μπορούσε να συνδεθεί με ένα σταθερό μικρό αναμορφωτή ο οποίος θα παρέχει μια συνεχή ποσότητα υδρογόνου. Ο αναμορφωτής θα μπορούσε να βρίσκεται σε ένα χώρο στάθμευσης (είτε στο χώρο εργασίας είτε σε δημόσιο χώρο) και θα μπορούσε να τροφοδοτήσει αρκετά οχήματα την ίδια χρονική στιγμή. Ένας μικρός σταθερός αναμορφωτής φυσικού αερίου με παροχή 48 Kg υδρογόνου ανά ημέρα θα έχει ένα κόστος κεφαλαίου γύρω στα 15381,6 €. Εναλλακτικά οι αναμορφωτές θα μπορούσαν να είναι συνδεδεμένοι έτσι ώστε να τροφοδοτούν με υδρογόνο χωριστά κάθε όχημα. Στην περίπτωση αυτή η τιμή των μικρών αναμορφωτών θα είναι της τάξης των 2600 € έκαστος. Το κόστος κεφαλαίου ανά όχημα είναι παρόμοιο αν

συνδέσουμε του μικρούς αναμορφωτές σε κάθε όχημα χωριστά ή να χρησιμοποιήσουμε ένα μεγαλύτερο αναμορφωτή ο οποίος να τροφοδοτεί 10 οχήματα.

Α. Υπολογισμός ηλεκτρικής ισχύος από όχημα κυψελών καυσίμου που συνδέεται με ένα σταθερό αναμορφωτή.

Η ηλεκτρική ισχύς υπολογίζεται από τη σχέση (5.1), με μια τροποποίηση, ότι η απαιτούμενη απόσταση (RB) και η διανυθείσα απόσταση (DD) της σχέσης (5.1) μπορούν να αγνοηθούν αφού το καύσιμο υδρογόνο δεν παρέχεται από ένα σύστημα αποθήκευσης.

Η διαθέσιμη αποθηκευμένη ενέργεια εξαρτάται από τον αριθμό οχημάτων τα οποία συνδέονται με τη μονάδα και περιγράφονται από την σχέση (5.9).

$$ES = \text{Eff}_{\text{elec}} * M_{\text{H}_2} / NV \quad (5.9)$$

όπου Eff_{elec} είναι η ηλεκτρική απόδοση σε KWh/Kg υδρογόνου, M_{H_2} είναι η μάζα του υδρογόνου σε Kg και το NV είναι ο αριθμός των οχημάτων που ταυτόχρονα είναι συνδεδεμένα. Αν υποθέσουμε ότι υπάρχουν 10 οχήματα, η ηλεκτρική ισχύς ποικίλει ανάλογα με τις ώρες εκφόρτισης, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 5.8

Πίνακας 5.8

Ηλεκτρική ισχύς οχήματος κυψελών καυσίμου συνδεδεμένο με σταθερό αναμορφωτή φυσικού αερίου (υποθέτουμε ότι 10 οχήματα συνδέονται ταυτόχρονα).

Χρόνος εκφόρτισης (h)	Ηλεκτρική ισχύς (KW)
1	66,12 (40) ^α
2	33,06
4	16,53

α : Η μέγιστη ονομαστική συνεχόμενη ισχύς εξόδου είναι 40 KW.

B. Το κόστος της παρεχόμενης ισχύος στο δίκτυο από όχημα κυψελών καυσίμου με σταθερό αναμορφωτή φυσικού αερίου.

Οι κυριότερες δαπάνες που συμβάλουν στο κόστος, για τον ιδιοκτήτη του οχήματος που παρέχει ισχύ στον ηλεκτρικό δίκτυο μέσω του συστήματος V2G, είναι το κόστος κεφαλαίου του αναμορφωτή, το κόστος της διασύνδεσης για την μεταφορά ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο και το κόστος του καυσίμου υδρογόνου. Στην περίπτωση αυτή το κόστος του υδρογόνου εξαρτάται μόνο από το κόστος του φυσικού αερίου. Έκτος αν κάποιος άλλος αναλάβει το κόστος του αναμορφωτή (για παράδειγμα η εταιρεία παροχής φυσικού αερίου), το κόστος θα πρέπει να είναι κατανεμημένο μεταξύ του αριθμού των οχημάτων που είναι συνδεδεμένα. Το κόστος του κεφαλαίου του αναμορφωτή ανά όχημα (υποθέτουμε ότι τα 10 οχήματα θα τροφοδοτηθούν από κοινό

αναμορφωτή) είναι ίσο με 1537,9 € ενώ ο εξοπλισμός διασύνδεσης και το κόστος εργασίας, που περιγράφεται στη παράγραφο Γ.1.2 είναι 4615 €. Το συνολικό κόστος κεφαλαίου (6152,9 €) σε ετήσια βάση, χρησιμοποιώντας τη σχέση (5.3) με επιτόκιο 10% για μια περίοδο 10 ετών, είναι ίσο με 1001,35 € ανά όχημα και ανά έτος. Το κόστος του υδρογόνου υπολογίζεται υποθέτοντας ότι έχουμε 70% απόδοση του αναμορφωτή, το κόστος του φυσικού αερίου είναι 10,4 €/GJ με χρήση φυσικού αερίου (στη υψηλότερη τιμή θερμότητας) ίση με 59983 KJ/Kg. Το κόστος του υδρογόνου είναι 3,12 €/Kg.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση (5.8) με βάση το κόστος του υδρογόνου (αντιστοιχεί στο μέγεθος C_{PE}) υπολογίζουμε το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας C_E που είναι 0.2151 €/KWh. Το κόστος ανά KWh, για τον ιδιοκτήτη του οχήματος, υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη σχέση (5.2) και παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 5.9 μαζί με το κόστος C_{AC} , που είναι το ετήσιο κόστος κεφαλαίου για την απόκτηση του εξοπλισμού που απαιτείται για να καταστεί δυνατή η λειτουργία του συστήματος V2G από τα παρκαρισμένα οχήματα κυψελών καυσίμου.

Πίνακας 5.9

Κόστος ενέργειας και ετήσιο κόστος κεφαλαίου για την παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο από όχημα κυψελών καυσίμου με σταθερό αναμορφωτή

Κόστη	FORD Prodigy P2000 με σταθερό αναμορφωτή
Κόστος υδρογόνου C_{H_2} (€/Kg)	3.12
C_E (€/KWh)	0.2151
C_{AC} (€/ χρόνο)	1001.35

Συγκρίνοντας τις τιμές του πίνακα 5.9 και του πίνακα 5.7, για ένα όχημα κυψελών καυσίμου με αποθηκευμένο στο όχημα υδρογόνο και για ένα όχημα κυψελών καυσίμου με σταθερό αναμορφωτή, μπορούμε να αξιολογήσουμε τα διαφορετικά συστήματα τροφοδοσίας υδρογόνου. Το ετήσιο κόστος κεφαλαίου για την δημιουργία της υποδομής για τη λειτουργία του συστήματος V2G είναι υψηλότερο στη περίπτωση του σταθερού αναμορφωτή. Επίσης το κόστος του υδρογόνου και στις δύο περιπτώσεις θα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος του φυσικού αερίου.

5.5 Υβριδικά Οχήματα

Με τον όρο “υβριδικό” εννοούμε κάθε όχημα για την κίνηση του οποίου χρησιμοποιούνται περισσότερες από μία πηγές ενέργειας, ανεξάρτητα από το είδος του καυσίμου και την αλληλεπίδραση μεταξύ των πηγών.

Τα ηλεκτρικά υβριδικά οχήματα συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με μια μπαταρία και έναν ηλεκτρικό κινητήρα παρέχοντας ισχύ στο όχημα. Η παρουσία του ηλεκτρικού κινητήρα έχει ως στόχο να επιτύχει είτε καλύτερη οικονομία καυσίμου από ότι σε ένα συμβατικό όχημα είτε καλύτερη απόδοση.

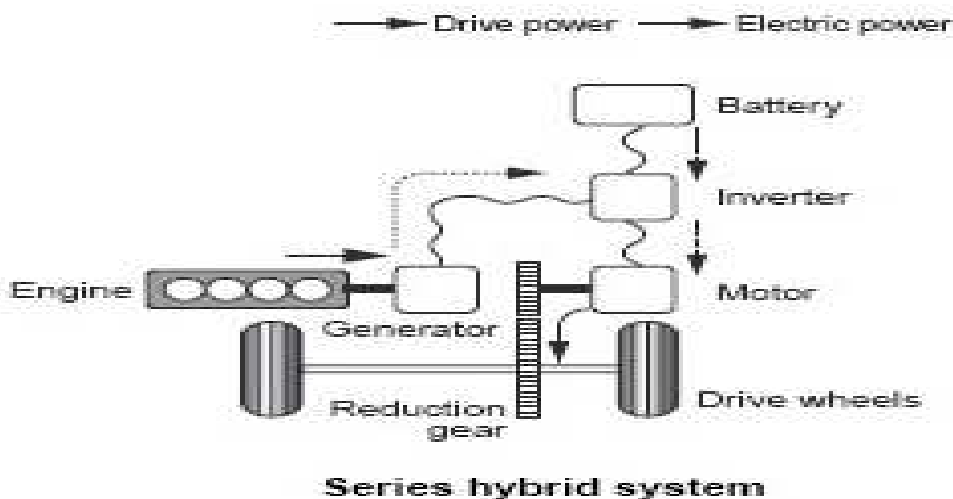
Τα ηλεκτρικά υβριδικά οχήματα μπορεί να χωρισθούν σε κατηγορίες με βάση τη σύνδεση βενζινοκινητήρα και ηλεκτροκινητήρα .

Η σημαντικότερη διάκριση των ηλεκτρικών υβριδικών αυτοκινήτων γίνεται εξετάζοντας τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται ο συμβατικός βενζινοκινητήρας και ο ηλεκτροκινητήρας.

Μπορούν να διακριθούν συνολικά τέσσερις κατηγορίες :

α) Σύνδεση σε σειρά

Σε ένα υβριδικό ηλεκτρικό όχημα σειριακής διάταξης, η κίνηση στους τροχούς παρέχεται αποκλειστικά από τον ηλεκτροκινητήρα. Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία του παρέχεται είτε από μια συστοιχία μπαταριών είτε από ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος το οποίο αποτελείται από ένα βενζινοκινητήρα και μία ηλεκτρική γεννήτρια. Ανάλογα με τις συνθήκες κίνησης, επιλέγεται από έναν μικροελεγκτή το κατά πόσον η παρεχόμενη ενέργεια στον ηλεκτροκινητήρα τροφοδοτείται από το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος από τη συστοιχία μπαταριών ή και από τις δύο πηγές ενέργειας.

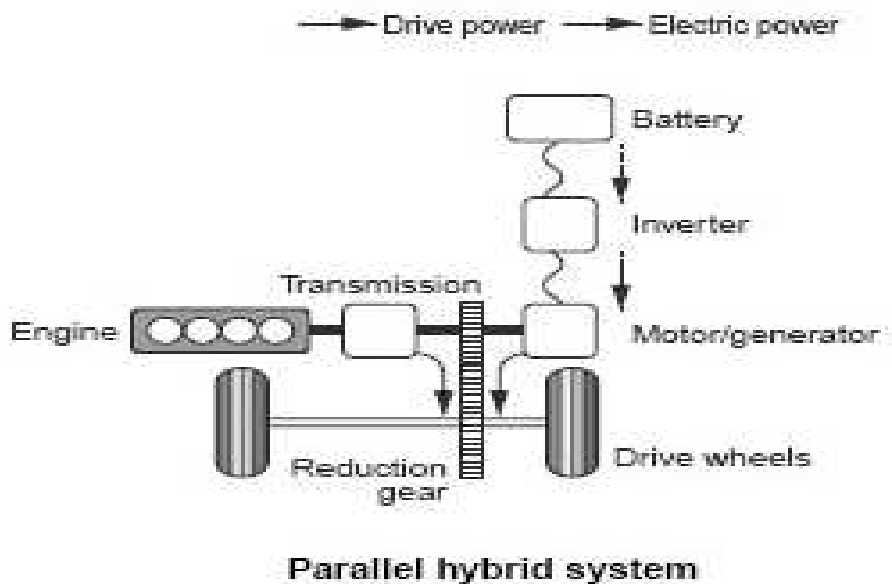


Σχήμα 5.1

Σειριακή διάταξη υβριδικού οχήματος

β) Παράλληλη σύνδεση

Σε ένα υβριδικό ηλεκτρικό όχημα παράλληλης διάταξης αφενός ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και αφετέρου ο ηλεκτροκινητήρας συμβάλλουν στην κίνηση των τροχών. Γι' αυτό το λόγο αυτά τα υβριδικά απαιτούν περιπλοκότερες μηχανικές συνδέσεις σε σχέση με τα υβριδικά σειριακής διάταξης.

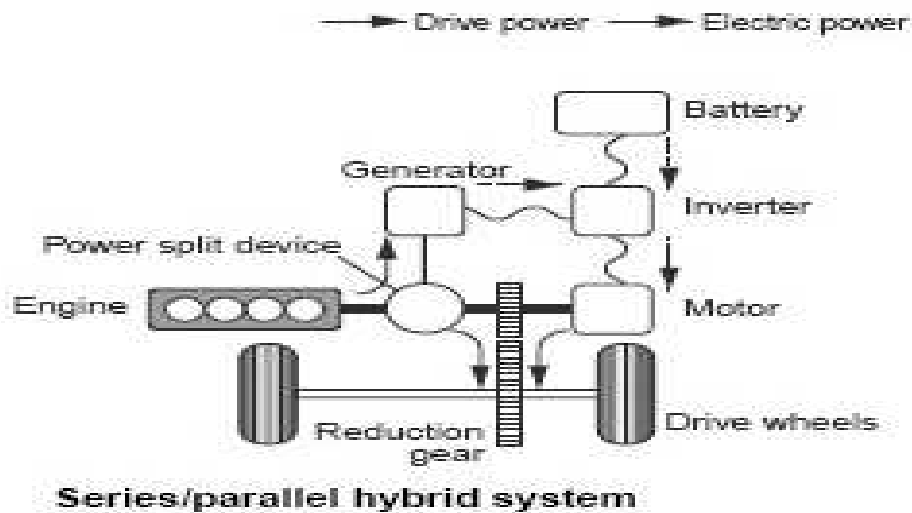


Σχήμα 5.1

Παράλληλη διάταξη υβριδικού οχήματος

γ) Σύνδεση σειρά-παράλληλα

Η διάταξη αυτή συνδυάζει χαρακτηριστικά των δύο παραπάνω διατάξεων. Η λειτουργία της διάταξης αυτής είναι πιο κοντά στην λειτουργία της παράλληλης διάταξης αφού αφενός ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και αφετέρου ο ηλεκτροκινητήρας μπορούν να οδηγήσουν τους τροχούς. Αυτό που χαρακτηρίζει τη συγκεκριμένη διάταξη είναι το γεγονός ότι οδηγεί τη γεννήτρια με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία τροφοδοτείται είτε στις μπαταρίες σε περίπτωση που η στάθμη φόρτισης δεν είναι υψηλή είτε στον ηλεκτροκινητήρα για την κίνηση των τροχών.



Σχήμα 5.3

Σειριακή/Παράλληλη διάταξη υβριδικού οχήματος

δ) Ανεξάρτητη λειτουργία κινητήρων

Μια παραλλαγή των παράλληλων υβριδικών οχημάτων είναι τα υβριδικά οχήματα ανεξάρτητης λειτουργίας. Σε αυτή τη διάταξη ο κινητήρας εσωτερικής καύσης οδηγεί το ένα ζευγάρι των τροχών και ο ηλεκτροκινητήρας το άλλο. Στην ουσία δηλαδή έχουμε τετρακίνηση.

Επίσης τα ηλεκτρικά υβριδικά οχήματα μπορεί να χωρισθούν σε κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό υβριδοποίησης.

α) Πλήρη υβριδικά

Η πρώτη κατηγορία είναι τα λεγόμενα “πλήρη” υβριδικά οχήματα (Full Hybrids). Σε αυτά, η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα είναι τέτοια ώστε να επαρκεί για την εξ' ολοκλήρου κίνηση του αυτοκινήτου στις χαμηλές ταχύτητες και στα μικρά φορτία. Όταν οι απαιτήσεις ισχύος αυξηθούν τότε μπαίνει σε λειτουργία και ο βενζινοκινητήρας ο οποίος μπορεί είτε να αναλάβει την κίνηση του αυτοκινήτου (εξ' ολοκλήρου ή από κοινού με τον ηλεκτροκινητήρα) είτε ν' αναλάβει την φόρτιση των μπαταριών μέσω της γεννήτριας.

β) Υποβοηθητικά Υβριδικά

Η δεύτερη κατηγορία είναι τα λεγόμενα “υποβοηθητικά” υβριδικά ή “Assist Hybrids”. Εδώ τόσο ο ηλεκτροκινητήρας όσο και η συστοιχία των μπαταριών είναι σαφώς μικρότερου μεγέθους σε σχέση με τα πλήρη υβριδικά, καθώς μπορούν μόνο να υποβοηθήσουν τον βενζινοκινητήρα σε συνθήκες αυξημένου φορτίου, να αναλάβουν το έργο

της ανάκτησης ενέργειας κατά το φρενάρισμα, καθώς και τη λειτουργία του σταματήματος και της επανεκκίνησης του κινητήρα στα φανάρια (start-stop).

γ) Υβριδικά Plug-in

Μια ειδική κατηγορία υβριδικών αυτοκινήτων είναι τα λεγόμενα plug in υβριδικά. Πρόκειται για υβριδικά οχήματα τα οποία ναι μεν συνδυάζουν κινητήρα εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρα όπως τα υπόλοιπα υβριδικά, αλλά διαθέτουν εξαιρετικά αυξημένη αυτονομία αμιγούς ηλεκτροκίνησης και μπορούν να επαναφορτιστούν από το οικιακό δίκτυο διανομής ηλεκτρισμού.

δ) Ήπια Υβριδικά

Άλλη μια ιδιαίζουσα κατηγορία «υβριδικών» αυτοκινήτων είναι τα λεγόμενα «Ήπια Υβριδικά» (Mild Hybrids). Ουσιαστικά, πρόκειται για συμβατικά βενζινοκίνητα ή πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα τα οποία όμως έχουν αναβαθμισμένο ηλεκτρικό κύκλωμα (σε αρκετές περιπτώσεις, η τάση του κυκλώματος είναι 48V αντί για τα 12V των άλλων αυτοκινήτων), μπαταρίες μεγαλύτερης χωρητικότητας και ισχυρότερες μίζες.

Στη μελέτη μας θα χρησιμοποιήσουμε το ηλεκτρικό υβριδικό όχημα Toyota Prius το οποίο είναι διαθέσιμο στο εμπόριο. Η λέξη Prius είναι λατινική και σημαίνει "πριν". Σύμφωνα με την Toyota το όνομα επιλέχθηκε επειδή το Prius ξεκίνησε πριν η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση γίνει ένα κοινωνικό ζήτημα. Το 1995 η Toyota παρουσίασε ένα πρωτότυπο υβριδικό όχημα στην διεθνή έκθεση αυτοκινήτου στο Τόκιο. Το πρώτο μοντέλο Prius NHW10 ξεκίνησε τις

πωλήσεις του, στις 10 Δεκεμβρίου 1997. Ήταν διαθέσιμο μόνο στην Ιαπωνία αν και είχε εισαχθεί από ιδιώτες στο Ηνωμένο Βασίλειο, την Αυστραλία και την Νέα Ζηλανδία. Η πρώτη γενιά του Prius, έγινε το πρώτο υβριδικό όχημα μαζικής παραγωγής στον κόσμο με ηλεκτροκινητήρα και βενζινοκινητήρα. Το Prius NHW10 σχεδιάστηκε από το σχεδιαστικό κέντρο της California και επιλέχθηκε μεταξύ των σχεδίων από άλλα σχεδιαστικά κέντρα της Toyota. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υβριδικού οχήματος περιλαμβάνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.10

Τεχνικά χαρακτηριστικά υβριδικού οχήματος

Τεχνικά χαρακτηριστικά	Toyota Prius
Τύπος μπαταρίας	NiMH , 6,5Ah , 38 μονάδες , 6 στοιχεία, 1,2 V
Αποθηκευμένη ενέργεια μπαταρίας (KWh)	1,8
Αριθμός κύκλων ζωής της μπαταρίας (κύκλοι)	1000
Χρόνος ζωής της μπαταρίας (έτη)	5-6
Μέγιστη ηλεκτρική ισχύς εξόδου του κινητήρα (KW)	30
Κόστος της μπαταρίας (€/KWh)	650-865
Χρόνος εργασίας για αντικατάσταση της μπαταρίας (h)	2
Χωρητικότητα δεξαμενής βενζίνης (lt)	46
Ηλεκτρική απόδοση (KWh / lt)	2,32
Μέγιστη απόσταση (Km)	966
Απόδοση του οχήματος (Km / lt)	21,24



Εικόνα 5.6 - Toyota Prius NWH10.



Εικόνα 5.7 - Toyota Prius (2001) : (1) Μηχανή , (2) Μετατροπέας , (3) Μπαταρία υψηλής τάσης .

Για το υβριδικό όχημα Toyota Prius θα εξετάσουμε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις. Πρώτον, υβριδικό όχημα με συστοιχία μπαταριών. Δεύτερον, υβριδικό όχημα με διευρυμένη μπαταρία. Και τρίτον, υβριδικό όχημα με κινητήρα-γεννήτρια. Η τελευταία περίπτωση

θα αναλυθεί για δυο είδη καυσίμων. Αρχικά θα εξετάσουμε το υβριδικό όχημα που τροφοδοτείται με βενζίνη και έπειτα μελετάμε το ίδιο όχημα με τροφοδοσία φυσικού αέριου.

5.5.1 Υβριδικό όχημα με συστοιχία μπαταριών.

Σε αυτήν την περίπτωση, υποθέτουμε ότι όλη η διαθέσιμη ενέργεια παρέχεται από ένα μικρό αριθμό μπαταριών που υπάρχουν, ως εξοπλισμός στο όχημα.

A.1. Υπολογισμός ηλεκτρικής ισχύος υβριδικού οχήματος, με συστοιχία μπαταριών, που παρέχεται στο δίκτυο.

Η ηλεκτρική ισχύς του οχήματος που παρέχεται στο δίκτυο υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την σχέση (5.1), όπου η απόσταση που απαιτεί ο οδηγός για τις μετακινήσεις του (RB) και η διανυθείσα απόσταση (DD) δεν λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της ηλεκτρικής ισχύος. Επίσης η αποθηκευμένη ενέργεια (ES) πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή 0.8 προκειμένου να ληφθεί υπ' όψιν το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης της μπαταρίας.

Πίνακας 5.11

Ηλεκτρική ισχύς για διάφορους χρόνους εκφόρτισης από υβριδικό όχημα (Toyota Prius) με συστοιχία μπαταριών.

Χρόνος εκφόρτισης (h)	Ηλεκτρική ισχύς (KW)
1	1.34
2	0.67
4	0.34

Όπως αναμέναμε, η ηλεκτρική ισχύς, από τις μικρές μπαταρίες, που είναι διαθέσιμη από το υβριδικό όχημα δεν είναι σημαντική. Το εύρος τιμών της παρεχόμενης ισχύος είναι από 1,34 KW μέχρι 0,34 KW και είναι υπερβολικά μικρή για να θεωρηθεί ως μια σημαντική πηγή ενέργειας. Η συστοιχία μπαταριών για το συγκεκριμένο υβριδικό όχημα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει ισχύ, από το όχημα προς το ηλεκτρικό δίκτυο, δηλαδή δεν συμφέρει οικονομικά να χρησιμοποιηθεί ένα τέτοιο όχημα για την υλοποίηση του συστήματος V2G.

B. Υβριδικό όχημα με διευρυμένη μπαταρία

Στη δεύτερη περίπτωση εξετάζουμε ένα υβριδικό όχημα με διευρυμένη μπαταρία. Η μπαταρία αυτή έχει αποθηκευμένη ενέργεια 6 KWh.

B.1. Υπολογισμός ηλεκτρικής ισχύος υβριδικού οχήματος , με διευρυμένη μπαταρία , που παρέχεται στο δίκτυο .

Η ηλεκτρική ισχύς, για ένα υβριδικό όχημα με διευρυμένη μπαταρία, που παρέχεται στο δίκτυο, παρουσιάζεται στον πίνακα 5.12. Για τον υπολογισμό της ηλεκτρικής ισχύος, η επιπλέον απόσταση που απαιτεί ο οδηγός για τις μετακινήσεις του (RB) και η διανυθείσα απόσταση (DD) δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της ισχύος.

Πίνακας 5.12

Ηλεκτρική ισχύς για διάφορους χρόνους εκφόρτισης από υβριδικό όχημα (Toyota Prius) με διευρυμένη μπαταρία.

Χρόνος εκφόρτισης (h)	Ηλεκτρική ισχύς (KW)
1	4,46
2	2,23
4	1,11

B.2 Υπολογισμός κόστους παρεχόμενης ισχύος στο δίκτυο για υβριδικό όχημα με διευρυμένη μπαταρία.

Στον πίνακα 5.13 παρουσιάζονται τα κόστη της ηλεκτρικής ισχύος που παρέχεται στο δίκτυο μέσω του συστήματος V2G για ένα υβριδικό όχημα με διευρυμένη μπαταρία. Επιπλέον περιλαμβάνει το ετήσιο κόστος κεφαλαίου για τον εξοπλισμό διασύνδεσης .

Πίνακας 5.13

Κόστος ανά KWh και ετήσιο κόστος κεφαλαίου υβριδικού οχήματος με διευρυμένη μπαταρία , που παρέχει ηλεκτρική ισχύ στο δίκτυο .

Κόστη	Toyota Prius με διευρυμένη μπαταρία , 6 KWh.
C_E (€/KWh)	1,69
C_D (€/KWh)	1,63
C_{PE} (€/KWh)	0,06
C_{AC} (€/έτος)	751,4

Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για ένα υβριδικό όχημα με διευρυμένη μπαταρία, το οποίο είναι 1,69 €/KWh, εξακολουθεί ακόμα να είναι αρκετά υψηλό και είναι δύσκολο με την τιμή αυτή να είναι ανταγωνιστικό ένα τέτοιο όχημα στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας.

5.5.2 Υβριδικό όχημα με κινητήρα-γεννήτρια (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος)

5.5.2.1 Υβριδικό όχημα με κινητήρα-γεννήτρια που τροφοδοτείται με βενζίνη.

Στην περίπτωση αυτή υποθέτουμε ότι η ισχύς παράγεται από σύστημα κινητήρα-γεννήτρια δηλ. ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος . Αυτό δημιουργεί ορισμένα προβλήματα όπως τα θερμά αέρια της εξάτμισης και τις ανησυχίες που δημιουργούνται σχετικά με την ρύπανση που παράγεται από τα οχήματα και διαχέεται στο περιβάλλον.

Με τη βελτίωση της τεχνολογίας, που πραγματοποιούν οι αυτοκινητοβιομηχανίες, έχουν καταφέρει να δημιουργήσουν οχήματα με πολύ χαμηλές εκπομπές ρύπων, όπως για παράδειγμα οι εκπομπές NO_x του Prius είναι της τάξης του 0,02 g/KWh, οι οποίες είναι τόσο χαμηλές όσο η συνδυασμένου κύκλου σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας . Αν και παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα, τα υβριδικά οχήματα εκτιμούμε ότι θα αυξηθούν οι πωλήσεις τους, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένας μεγάλος αριθμός οχημάτων τα οποία θα μπορούν να αξιοποιηθούν από το σύστημα V2G, ώστε να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο της περιοχής .

Γ.1.1 Υπολογισμός ηλεκτρικής ισχύος υβριδικού οχήματος με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που τροφοδοτείται με βενζίνη.

Για τον υπολογισμό της ισχύος θα πρέπει η σχέση (5.1) να τροποποιηθεί όπως δείχνει η σχέση (5.10) .

$$PC = ((ES - (DD + RB) / Eff_{eng}) * Eff_{elec}) / DH \quad (5.10)$$

Όπου ES είναι ο όγκος του καυσίμου σε lt.

Το Eff_{veh} είναι η συνολική απόδοση του οχήματος σε Km / lt.

Και το Eff_{elec} είναι η ηλεκτρική απόδοση του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους σε KWh / lt.

Πίνακας 5.14

Υπολογισμός ηλεκτρικής ισχύος για υβριδικό όχημα με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που τροφοδοτείται με βενζίνη

Χρόνος εκφόρτισης DH (h)	Απαιτούμενη απόσταση RB (Km)	Ηλεκτρική ισχύς (KW)
1	10	103,44
1	20	102,35
1	30	101,25
2	10	51,72
2	20	51,17
2	30	50,62
4	10	25,86
4	20	25,58
4	30	25,31

Οι υπολογισμοί δείχνουν σχετικά υψηλές τιμές για την ηλεκτρική ισχύ που κυμαίνονται από 25,31 KW έως 103,44 KW ανάλογα με την απαιτούμενη απόσταση από τον ιδιοκτήτη (εκφράζονται με το RB σε Km) και τις ώρες εκφόρτισης (εκφράζονται με το DH σε h)

Για το Toyota Prius η μέγιστη ισχύς περιορίζεται από τη σύνδεση επιπέδου 3AC και είναι 16,6 KW .

Γ.1.2. Κόστος της παρεχόμενης ενέργειας υβριδικού οχήματος, με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που τροφοδοτείται με βενζίνη .

Το κόστος ανά KWh της ισχύος που παρέχεται στο δίκτυο, για τον ιδιοκτήτη του υβριδικού οχήματος το οποίο παράγει ηλεκτρική ενέργεια με χρήση ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους και τροφοδοτείται με βενζίνη, υπολογίζεται από τη σχέση (5.2). Το ετήσιο κόστος κεφαλαίου C_{AC} όπως περιγράφηκε προηγουμένως εκτιμάται ότι θα έχει τιμή περίπου 751,4 € . Το κόστος της ενέργειας για τον ιδιοκτήτη του οχήματος, δίνεται από τη σχέση (5.11).

$$C_{PE} = C_{fuel} / Eff_{elec} \quad (5.11)$$

Όπου το C_{fuel} είναι το κόστος για την αγορά καυσίμου (βενζίνη) που είναι 1,65 €/lt και Eff_{elec} είναι η ηλεκτρική απόδοση σε KWh/lt.

Τα έξοδα που οφείλονται στην υποβάθμιση (φθορά) του εξοπλισμού προσδιορίζονται από την συνολική διάρκεια ζωής του

κινητήρα και το κόστος αντικατάστασης του κινητήρα. Το κόστος της υποβάθμισης του εξοπλισμού δίνεται για αυτή την περίπτωση από τη σχέση (5.12).

$$C_D = ((C_{Eng} + (C_L * LH)) / EH) / PC \quad (5.12)$$

Όπου C_{Eng} είναι το κόστος για την αντικατάσταση του κινητήρα σε €.

Το C_L είναι το κόστος της εργασίας σε €/h και

Το LH είναι το σύνολο ωρών εργασίας σε h.

Η ισχύς PC είναι για το Toyota Prius είναι 16,6 KW.

Θεωρούμε ότι το κόστος C_{Eng} συμπεριλαμβανομένης και της εργασίας είναι 2600 € και ότι ο χρόνος ζωής του κινητήρα είναι 3000 h.

Πίνακας 5.15

Κόστος ανά KWh και ετήσιο κόστος κεφαλαίου για ιδιοκτήτη οχήματος που παρέχει ισχύ στο δίκτυο από υβριδικό όχημα κινούμενο από κινητήρα-γεννήτρια που τροφοδοτείται με βενζίνη

Κόστη	Toyota Prius (16,6 KW)
C_E (€ / KWh)	0,76
C_D (€ / KWh)	0,05
C_{fuel} (€ / lt)	1,65
C_{PE} (€ / KWh)	0,71
C_{AC} (€ / χρόνο)	751,4

Το κόστος της ενέργειας για οχήματα με χρήση κινητήρα-γεννήτρια είναι της τάξης των 0,76 €/KWh που είναι υψηλότερο από το κόστος της ενέργειας από ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας και υψηλότερο από εκείνο των οχημάτων κυψελών καυσίμου.

5.5.2.2 Υβριδικό όχημα με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που τροφοδοτείται με φυσικό αέριο

Εναλλακτικά το υβριδικό όχημα μπορεί να τροφοδοτείται με φυσικό αέριο αντί για βενζίνη, όταν είναι σταθμευμένο. Το κόστος της ενέργειας που παρέχεται στο δίκτυο, θα εξαρτάται τότε από το κόστος του φυσικού αερίου και από τις δαπάνες κεφαλαίου που απαιτούνται για την προμήθεια του αντίστοιχου εξοπλισμού.

Γ.2.1. Υπολογισμός κόστους ενέργειας που παρέχεται στο δίκτυο από υβριδικό όχημα με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που τροφοδοτείται με φυσικό αέριο .

Στην περίπτωση αυτή, το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος τροφοδοτείται με φυσικό αέριο, ενώ το όχημα είναι σταθμευμένο. Το φυσικό αέριο θα πρέπει να παραδοθεί με εύκαμπτο σωλήνα με βαλβίδα ενώ το εκτιμώμενο κόστος κεφαλαίου στην περίπτωση αυτή είναι 13€. Το κόστος κεφαλαίου που περιλαμβάνει όλα τα έξοδα που αναφέρθηκαν παραπάνω για την παράδοση της ενέργειας στο δίκτυο είναι 4615 €, επιπλέον τα 13 €. Το ετήσιο κόστος κεφαλαίου είναι περίπου 750 €.

Στους υπολογισμούς μας χρησιμοποιούμε σαν ισχύ για το Toyota Prius τα 16,6 KW.

Το κόστος ενέργειας προσδιορίζεται από τη σχέση (5.11), όπου C_{fuel} είναι το κόστος του φυσικού αερίου 0,611 €/Kg και Eff_{elec} είναι η ηλεκτρική απόδοση και είναι ίση με 3,11 KWh/Kg φυσικού αερίου. Το κόστος υποβάθμισης εξοπλισμού υπολογίζεται από τη σχέση (5.12).

Πίνακας 5.16

Κόστος ανά KWh και ετήσιο κόστος κεφαλαίου για ιδιοκτήτη οχήματος που παρέχει ισχύ στο δίκτυο από υβριδικό όχημα με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που τροφοδοτείται με φυσικό αέριο.

Κόστη	Toyota Prius (16,6 KW)
C_E (€ / KWh)	0,25
C_D (€ / KWh)	0,05
C_{fuel} (€ / Kg)	0,611
C_{PE} (€ / KWh)	0,2
C_{AC} (€ / χρόνο)	751,4

Το κόστος της ενέργειας για όχημα που κινείται με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος και τροφοδοτείται με φυσικό αέριο είναι 0,25 €/KWh συμπεριλαμβανομένης και της υποβάθμισης του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους. Το κόστος αυτό είναι χαμηλότερο από την περίπτωση που το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος τροφοδοτείται με βενζίνη.

5.6 Συμπεράσματα

Στη μελέτη αυτή αναλύσαμε τρεις τύπους οχημάτων ηλεκτρικής κίνησης σαν πηγές που τροφοδοτούν με ηλεκτρική ισχύ το δίκτυο, το ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας (Honda EV plus), το ηλεκτρικό όχημα κυψελών καυσίμων (FORD P2000 Prodigy) και το υβριδικό (Toyota Prius).

Αρχικά υπολογίσαμε την ηλεκτρική ισχύ για κάθε τύπο οχήματος. Η διαθέσιμη ισχύς που παρέχεται στο δίκτυο είναι διαφορετική ανάλογα με τον τύπο του οχήματος, τον αριθμό των ωρών μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από τα οχήματα προς το δίκτυο και με την απαιτούμενη απόσταση που ορίζει ο ιδιοκτήτης του οχήματος για την κάλυψη επιπλέον διαδρομών (παριστάνεται με τη μεταβλητή RB).

Η μέγιστη διαθέσιμη ηλεκτρική ισχύς από ένα ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας για αιτούμενη απόσταση RB ίση με 20 Km και μία ώρα εκφόρτισης ήταν της τάξης των 13,09 KW.

Επιπλέον τα οχήματα κυψελών καυσίμου έχουν την ικανότητα να παρέχουν την υψηλότερη ηλεκτρική ισχύ στο δίκτυο , μεταξύ 11 KW και 50 KW .

Τα υβριδικά οχήματα επειδή έχουν πολύ μικρές μπαταρίες , οι οποίες δεν μπορούν να αποθηκεύσουν σημαντική ποσότητα ηλεκτρικής ισχύος δεν μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά, στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Τα υβριδικά οχήματα έχουν ενδιαφέρον αν λειτουργούν με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος , και ενώ

σταθμεύουν μπορούν να τροφοδοτηθούν είτε από βενζίνη είτε από φυσικό αέριο καθώς και τα υβριδικά που συνδέονται στη πρίζα και διαθέτουν μπαταρία μεγάλης χωρητικότητας. Η διαθέσιμη ηλεκτρική ισχύς για το Toyota Prius που λειτουργεί με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος είναι 16,6 KW.

Επιπλέον υπολογίσαμε πόσο κοστίζει, στον ιδιοκτήτη οχήματος, κάθε KWh ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχει στο δίκτυο, στα πλαίσια του συστήματος V2G , για κάθε τύπο οχήματος (ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας, κυψελών καυσίμου και υβριδικό).

Στην περίπτωση του ηλεκτρικού οχήματος μπαταρίας, το ετήσιο κόστος κεφαλαίου που απαιτείται για τον εξοπλισμό ώστε να παρέχεται η ηλεκτρική ενέργεια από το όχημα προς το δίκτυο είναι μόνο 10,58 €/έτος. Επιπλέον η πιο συμφέρουσα περίπτωση από πλευράς κόστους είναι αυτή της κατάστασης ρύθμισης όπου το κόστος της παρεχόμενης ενέργειας είναι 0,2579 €/KWh.

Για το όχημα κυψελών καυσίμου με συμπιεσμένο υδρογόνο στο όχημα το κόστος της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας είναι 0,1165 €/KWh έως 0,502 €/KWh. Αυτό το εύρος τιμών εξαρτάται από το κόστος του συμπιεσμένου υδρογόνου και αυτό με την σειρά του από το κόστος του φυσικού αερίου. Το ετήσιο κόστος κεφαλαίου για το όχημα κυψελών καυσίμου με συμπιεσμένο υδρογόνο στο όχημα είναι 751,07 €/έτος. Στην περίπτωση οχήματος κυψελών καυσίμου με σύνδεση σε σταθμό με σταθερό αναμορφωτή το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίστηκε σε 0,2151 €/KWh και το ετήσιο κόστος κεφαλαίου στην περίπτωση αυτή είναι 1001,35 €/έτος. Το οικονομικό κέρδος , για τον ιδιοκτήτη του οχήματος, και για τις δυο περιπτώσεις των κυψελών

καυσίμου που μελετήσαμε, είναι αρκετά ικανοποιητικό εξαιτίας του χαμηλού κόστους της παρεχόμενης ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο. Ιδιαίτερα στην περίπτωση που το όχημα κυψελών καυσίμου συνδέεται με σταθερό αναμορφωτή η τιμή της παρεχόμενης KWh είναι πολύ χαμηλή.

Τα υβριδικά οχήματα μπορούν να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ενώ αυτά είναι σταθμευμένα. Το ετήσιο κόστος κεφαλαίου για την σύνδεση των υβριδικών στο δίκτυο είναι 751,4 €/έτος. Επίσης παρατηρούμε ότι όταν το υβριδικό όχημα τροφοδοτείται με βενζίνη το κόστος της παρεχόμενης KWh στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι αρκετά υψηλό λόγω της αυξημένης τιμής της βενζίνης. Ενώ αντίθετα η τιμή του φυσικού αερίου είναι πιο χαμηλή με αποτέλεσμα το κόστος της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην περίπτωση αυτή, είναι τρεις φορές χαμηλότερο από το αντίστοιχο κόστος της KWh όταν το όχημα τροφοδοτείται με βενζίνη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Vehicle-to-Grid Power: Battery, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles as Resources for Distributed Electric Power in California, Willett Kempton, Jasna Tomic´ , Steven Letendre, Alec Brooks, Timothy Lipman, Ιούνιος 2001.
2. Διπλωματική εργασία «Μελέτη και υλοποίηση στρατηγικής διαχείρισης ενέργειας για τη βελτιωμένη οικονομική λειτουργία υβριδικού οχήματος με χρήση ψηφιακού μικροελεγκτή», Παναγιώτη Δ. Άννινου, Πανεπιστήμιο Πατρών, Οκτώβριος 2009.
3. Συμβατικές και ήπιες μορφές ενέργειας, Κωνσταντίνος . Α. Μπαλαράς, Αθανάσιος Α. Αργυρίου, Φώτης Ε. Καραγιάννης, ΣΕΛΚΑ – 4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, 2006.
4. Ήπιες μορφές ενέργειας, Γ. Παπαϊωάννου, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2008.
5. www.wikipedia.org
6. www.media.ford.com
7. www.dei.gr
8. www.desmie.gr
9. www.carshybrid.gr
10. www.kathimerini.gr
11. www.ieee.org

